

СЕРГИУШ ПИМЕНОВ



**ЭВОЛЮЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ ИХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ**

ISBN 978-619-245-500-2

Издателство на Българската академия на науките “Проф. Марин Дринов”
Professor Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences

Sofia 2024

СЕРГИУШ ПИМЕНОВ

***ЭВОЛЮЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
ПРЕДПРИЯТИЙ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ ИХ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ***



Издателство на Българската академия на науките
“Проф. Марин Дринов”
Professor Marin Drinov Publishing House
of Bulgarian Academy of Sciences

Sofia 2024

Maksym Bezpartochnyi, Doctor of Sciences, Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine

Igor Britchenko, Doctor of Sciences, Professor, Higher School of Security and Economics in Plovdiv, Bulgaria

Marcin Kęsi, Doctor of Sciences, Professor, Pomeranian University in Starogard Gdański, Poland

© Copyright by Sergiusz Pimenow, Evolution of intellectual resources of enterprises in the context of digital transformation of their business-models / Сергиуш Пименов, Эволюция интеллектуальных ресурсов предприятий в контексте цифровой трансформации их бизнес-моделей

Sergiusz Pimenow - ORCID: 0000-0003-0764-9630

The Bulgarian Academy of Sciences (Българска академия на науките, БАН) Sofia, Bulgaria 2024
ISBN: 978-619-245-500-2

В монографии исследуется роль процессов упорядочивания и энтропии в эволюции человеческих ресурсов, демонстрирующих закономерности, характерные для биологических и социальных систем. Особое внимание уделяется изучению теоретических и концептуальных основ цифровой трансформации и гибридного интеллектуального капитала, который объединяет человеческие и искусственные ресурсы для обеспечения устойчивого развития и повышения конкурентоспособности организаций. На основе анализа динамических неравновесных систем показано, что эволюция человеческих ресурсов представляет собой процесс локального снижения энтропии, при котором самоорганизация и накопление знаний способствуют адаптации к новым условиям.

Особое внимание уделено интеграции искусственного интеллекта и автоматизации, которые формируют новые формы взаимодействия между людьми и машинами, усиливая когнитивные возможности компаний. Рассматриваются культурные, социальные и организационные аспекты, связанные с внедрением ИИ, а также необходимость разработки новой стратегии управления, направленной на устранение дефицита компетенций и адаптацию HR-процессов к требованиям гибридного интеллектуального капитала. Анализируется концепция корпоративной технологической ответственности, которая подчеркивает значимость этических стандартов и прозрачности в условиях цифровой трансформации.

Монография исследует цифровую трансформацию как шаг в эволюции бизнес-моделей, где упорядочивание и снижение энтропии приводят к созданию более гибких и адаптивных структур. Интеграция ИИ, цифровых двойников и облачных технологий позволяет повысить операционную эффективность, снизить транзакционные издержки и обеспечить устойчивость бизнеса в условиях растущей сложности. Автор рассматривает цифровую трансформацию не только как технологическое изменение, но и как стратегический процесс, в котором инновации тесно переплетены с изменением организационных структур и управлением человеческим капиталом для создания долгосрочных конкурентных преимуществ.

Эта монография предназначена для исследователей, преподавателей и студентов, изучающих вопросы цифровой трансформации, управления человеческими ресурсами и внедрения технологий в современные бизнес-модели. Она будет полезна руководителям предприятий, заинтересованным в устойчивом развитии организаций и эффективной интеграции искусственного интеллекта и автоматизации в управленческие и производственные процессы. Монография также адресована политикам и экспертам, работающим над разработкой стандартов и стратегий для управления влиянием цифровых технологий на рынок труда и общество, включая вопросы корпоративной технологической ответственности и преодоления дефицита компетенций в условиях цифровой экономики.

ВСТУПЛЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1. ОТ ЭНТРОПИИ К ИНФОРМАЦИИ: ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИНТЕЛЛЕКТА..13	
1.1. Неравновесные системы, энтропия и самоорганизация: новый взгляд на возникновение интеллекта ...13	
1.2. Интеллект: многокомпонентная природа и междисциплинарные подходы к его пониманию20	
1.3. Информация и её фундаментальная роль в развитии человеческих ресурсов и цивилизаций25	
1.4. Эволюция подходов к управлению людьми: предпосылки для возникновения новой парадигмы в эпоху Четвертой индустриальной революции35	
Выводы к первому разделу	40
РАЗДЕЛ 2. ЦИФРОВАЯ ЭРА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ.....44	
2.1. Ключевые технологии Четвертой индустриальной революции44	
2.2. Искусственный интеллект: аспекты, инвестиции, синергия47	
2.3. Влияние искусственного интеллекта на эволюцию человеческих ресурсов предприятий57	
2.4. Перспективы и вызовы искусственного интеллекта: от экономической целесообразности к угрозам AGI64	
2.5. Риски первого и второго порядка генеративного искусственного интеллекта в глобальном контексте ..74	
Выводы ко второму разделу.....	78
РАЗДЕЛ 3. ГИБРИДНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ: НОВЫЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ.....82	
3.1. Предпосылки для изменения подходов в управлении человеческими ресурсами в XXI веке82	
3.2. Эволюция HR-подходов: от человеческих ресурсов к управлению человеческим капиталом85	
3.3. Человек и искусственный интеллект: качество работы, предвзятость и этические вызовы.....90	
3.4. Гибридный интеллектуальный капитал: возможности, вызовы и перспективы96	
3.5. Дефицит навыков в эпоху искусственного интеллекта: переход к навык-ориентированным организациям101	
3.6. От матрицы навыков к индивидуальным профилям: персонализация в условиях гибридного интеллектуального капитала103	
Выводы к третьему разделу.	110
РАЗДЕЛ 4. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА..113	
4.1. Цифровая трансформация: новый этап эволюции бизнес-моделей предприятий113	
4.2. Искусственный интеллект и Канва бизнес-модели предприятия117	
4.3. Оценка готовности предприятий к цифровой трансформации: ожидания, барьеры и перспективы124	
4.4. Примеры цифровых трансформации: уроки внедрения цифровых технологий137	
4.5. Ключевые факторы успешной цифровой трансформации: от концепции до измеримых результатов ..144	
4.6. Дорожная карта цифровой трансформации172	
Выводы к четвертому разделу	178
РАЗДЕЛ 5. КОРПОРАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ: УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ И ОБЩЕСТВА.....184	
5.1. Устойчивость компаний в контексте динамических неравновесных систем184	
5.2. Вызовы в эпоху искусственного интеллекта: последствия для общества и экономики.....186	
5.3. Запрос ключевых стейкхолдеров на прозрачность цифровой трансформации организаций и их устойчивость199	

5.4. Корпоративная технологическая ответственность: параллели с корпоративной социальной ответственностью	207
5.5. Отчетность по цифровой трансформации и искусственному интеллекту: от создания до рейтингования	210
5.6. Корпоративная технологическая ответственность: преимущества для компаний	219
Выводы к пятому разделу	225
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	229
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	233

ВСТУПЛЕНИЕ

Промышленные революции в истории человечества стали ключевыми этапами эволюции общества, коренным образом изменив экономические и социальные структуры. Первая промышленная революция, начавшаяся с механизации производства и внедрения парового двигателя, и вторая, характеризующаяся массовым производством и электрификацией, значительно увеличили производительность труда, привели к урбанизации, изменили условия труда и мобильность человечества. Третья революция, связанная с цифровизацией и внедрением компьютеров, преобразовала информационные процессы и ознаменовалась распространением электроники, компьютерных технологий и автоматизации. Она не только изменила производственные процессы, но и заложила основу для перехода к экономике знаний (Sitnicki, 2024), где информация и интеллектуальный труд стали ключевыми ресурсами.

С приходом Четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) мир вступил в новый этап, характеризующийся широким распространением технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), Интернет вещей (IoT), роботизация и виртуальная реальность. Эти технологии становятся инструментами для обработки, анализа и создания информации на уровне, недостижимом ранее, что ведет к беспрецедентному ускорению накопления знаний.

В условиях постоянно увеличивающегося объема данных и информации, цифровые технологии служат не только средством их хранения и обработки, но и позволяют создавать интеллектуальные модели, способные самостоятельно извлекать полезные данные из множества источников, что расширяет возможности их применения. Искусственный интеллект и связанные с ним технологии выступают в роли катализаторов, способных значительно повысить эффективность использования информации, что делает их незаменимыми в современном мире, где информация является одним из важнейших активов. В отличие от предыдущих этапов, нынешняя трансформация разворачивается в ускоренном темпе и охватывает все аспекты социальной и экономической жизни, и вызывает новые вопросы о роли человека в условиях, когда объемы данных экспоненциально растут, а интеллектуальные системы обрабатывают и интерпретируют информацию с беспрецедентной скоростью и глубиной.

Однако наряду с ростом объема информации и усложнением технологий возникают и новые вызовы для человеческих ресурсов, требующие переосмысления подходов к управлению компетенциями и квалификациями сотрудников. В условиях Четвертой промышленной революции наблюдается дефицит компетенций и навыков, необходимых для взаимодействия с новыми технологиями, а также угрозы стабильности рабочих мест, особенно в тех сферах, где ИИ и автоматизация заменяют рутинные и низкоквалифицированные задачи. Возникает вопрос, как цифровизация повлияет на сотрудников, поскольку она изменяет само содержание труда в ряде профессий, замещаемых автоматизированными системами.

Компании сталкиваются с нехваткой квалифицированных специалистов, способных адаптироваться к новым технологическим требованиям. Дефицит компетенций особенно ошутим в областях, требующих навыков взаимодействия с ИИ и анализа больших данных, что ставит перед организациями вопрос о необходимости адаптации кадровой политики. Компании вынуждены с еще большим усилием заниматься проблемами сохранения и наращивания собственных компетенций, вкладываясь в развитие навыков своих сотрудников и привлекая таланты извне. При этом остается открытым вопрос о том, какие именно навыки будут определяющими для сотрудников, работающих с новыми технологиями, и смогут ли компании справиться с необходимостью постоянного обновления и обучения персонала.

Одновременно, высокий темп внедрения инноваций создает давление на организации, требуя не только быстрого освоения технологий, но и разработки стратегий для поддержания конкурентоспособности в условиях глобальной цифровой экономики. Внедрение новых технологий подразумевает

пересмотр не только бизнес-моделей, но и подходов к управлению, операционным процессам и взаимодействию с клиентами. В то же время возникает вопрос: готовы ли компании к масштабной цифровой трансформации, которая требует не только инвестиций, но и принципиально новых управленческих подходов.

Цифровая адаптация компаний становится неотъемлемой частью их устойчивого развития, где ключевую роль играет цифровая трансформация — процесс, направленный на внедрение технологий Четвертой промышленной революции в операционные и управленческие процессы организации. Важно определить, какие факторы могут ускорить или, напротив, замедлить процесс цифровой адаптации и насколько компании готовы к его прохождению.

Концепция устойчивого развития организаций, традиционно ассоциирующаяся с социальными и экологическими аспектами, в условиях стремительно развивающихся технологий нуждается в пересмотре. Быстрый темп технологического прогресса, обусловленный ИИ и цифровыми инновациями, изменяет отрасли и профессии, что побуждает бизнес-сообщество к переосмыслению традиционных подходов к устойчивости и долгосрочной стратегии. Возникает вопрос, как принципы устойчивости будут адаптированы к условиям цифровой эры, когда наряду с экономическими и экологическими вопросами необходимо учитывать социальные последствия внедрения технологий.

Таким образом, в условиях Четвертой промышленной революции организациям предстоит адаптироваться к новым требованиям и вызовам, связанным с стремительным развитием технологий. Управление человеческими ресурсами требует новых подходов к развитию навыков и формам взаимодействия людей и машин. Цифровая трансформация становится необходимым процессом для выживания и роста в цифровой экономике, а концепция устойчивого развития требует учета технологической ответственности и пересмотра подходов к управлению последствиями цифровизации.

Вопросы развития технологий во время индустриальных революций, особенно Индустрии 4.0, освещены в трудах Afolalu, S., Soetan, S., Emetere, M., Abdulkareem, A., Ikumapayi, O., Ongbali, S., Alcácer, V., Cruz-Machado, V., Aldarrat, H., & Drostén, G., Ane, T., Yasmin, S., Crafts, N., Francisco, J., Flores, S., Canare, T., Caboverde, C., Ghobakhloo, M., Fathi, M., Iranmanesh, M., Maroufkhani, P., Morales, M., Hervas-Oliver, J., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., Monto-Mompo, S., Liu, Y., Grusky, D., Longo, F., Padovano, A., Umbrella, S., Majumdar, A., Garg, H., Jain, R., Matt, D., Modrák, V., Zsifkovits, H., Nuvolari, A., Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., L., d. S., Rajak, S., Shukla, R., Saluja, S., Taneja, S., Singh, A., Madaan, G., Kumar, A., Voronkova, V., Nikitenko, V., Kharchenko, J., Oleksenko, R., Kliuinenko, E., Andriukaitiene, R., Wasik, Z., Iswanto, D., Saifuddin, M., Zhang, C., Chen, Y. и других.

Вопросы развития и управления человеческими ресурсами и человеческим капиталом нашли отражение в трудах: Bepalyy, S., K., Murugesan, U., Subramanian, P., Srivastava, S., Dwivedi, A., Oswald, F., Behrend, T., Putka, D., Sinar, E., Suh, D., Tri, N., Nhe, D., Tüzüner, L., Abuhantash, A., Aldao-Zapiola, C., Aldulaimi, S., Alexander, J., Decancq, K., Apte, P., Spanos, C., Bettoni, A., Montini, E., Righi, M., Villani, V., Bhardwaj, G., Singh, S., Kumar, V., Borges, R., Da Silva, L., Soltovski, R., Pontes, J., Treinta, F., Leitão, P., Mosconi, E., Durana, P., Krulicky, T., Taylor, E., Goyal, C., Patwardhan, M., Gupta, D., Harpaz, I., Irfan, M., Ravi, D., Venugopal, D., Kaufman, B., Kimseng, T., Javed, A., Jeenanunta, C., Kohda, Y., Kumari, P., Longo, F., Padovano, A., Umbrella, S., Lust, J. A., Masum, A., Beh, L., Azad, M., Hoque, K., Mokyr, J., Van Der Beek, K., Sarid, A., Morschett, D., Zentes, J., Schramm-Klein, H., Obedgiu, V., Ozgul, P., Fregin, M., Stops, M., Janssen, S., Levels, M., Priyanka, R., Ravindran, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S., Rath, S., Kumar, P., Razin, A., Sinha, G., Sodhi, J., Strohmeier, S., Tambe, P., Cappelli, P., Yakubovich, V., Teixeira, P., Ulrich, D., Urba, S., Chervona, O., Panchenko, V., Artemenko, L., Guk, O., Wilson H., Daugherty, P., Yang, Z., Gu, J. и других.

Вопросы развития искусственного интеллекта и роботехники, а также вызовы, которые сопровождает этот процесс освещены в научных работах Nascimento, A., Bellini, C., Singer, R., Sudharson, D., Bhuvaneshwaran, A., Kalaivasan, T., Satheesh, D., Sushmita, V., Jyothi, N., Vadivel, S. R. S., Cao, S., Fu, D., Yang, X., Wermter, S., Liu, X., Wu, H., De Smet, A., Durth, S., Hancock, B., Mugayar-Baldocchi, M., Reich, A., Ho, T., Tojib, D., Tsarnek, Y., Valentini, M., Weddle, B., Votto, A., Valecha, R., Najafirad, P., Rao, H., Yovcheva, I.,

Waqar, A., Vrontis, D., Christofi, M., Pereira, V., Tarba, S., Makrides, A., Trichina, E., Vinichenko, M., Maku-shkin, S., Rybakova, M., Chulanova, O., Kuznetsova, I., Lobacheva, A., Ukoba, K., Olatunji, K. O., Adeoye, E., Jen, T.-C., Madyira, D. M., Tussyadiah, I., Tambe, P., Cappelli, P., Yakubovich, V., Sundberg, L., Holmström, J., Sun, T. Q., Medaglia, R., Sultangazina, N., Akhayeve, Z., Zakirova, A., Ermaganbetova, M., Sommer, B., Moncayo, G., Siddiqui, A., Sengar, S., Hasan, A., Kumar, S., Carroll, F., Sam Paul, B., Anuradha, A., Sadiq, R. B., Safie, N., Goudarzi, S., Abd Rahman, A. H., Rosário, A., Renganayagalu, S. K., Bodal, T., Bryntesen, T.-R., Kvalvik, P., Reddy, K., Kumar, P., Rangaiah, S., Panicker, A., Sharma, A., Khandelwal, U., Ozay, D., Jahanbakht, M., Shoomal, A., Wang, S., Ooi, K., Al-Emran, M., Al-Sharafi, M., Chakraborty, A., Dwivedi, Y., Navarra, D., Nam, K., Dutt, C., Chathoth, P., Daghfous, A., Khan, S., Murugesan, U., Subramanian, P., Srivastava, S., Mo-hammadi Lanbaran, N., Naujokaitis, D., Kairaitis, G., Jenciūtė, G., Radziukynienė, N., Mhlanga, D., Meske, C., Bunde, E., Schneider, J., Gersch, M., Mcnair, D., Lukanova, G., Ilieva, G., Luckey, D., Fritz, H., Legatiuk, D., Dragos, K., Smarsly, K., Fan, K., Huang, X., Ge, J., Liu, Y., Kang, H., Lin, H., Konhäuser, K., Werner, T., Khoalen-yane, N. B., Ajani, O. A., Kazi, K., Kalaivani, S., Sivasamy, J., Banu, D., Begum, I., Janssen, M., Brousa, P., Estevez, E., Barbosa, L. S., Janowski, T., He, L., Xu, Y., He, W., Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., Botvinick, M., Gómez-Caicedo, M., Bacca-Acosta, J., Gaitán-Angulo, M., Briñez Torres, C., Cubillos Díaz, J., Felix, J., Webb, L., Dimitrieska, S., Davenport, T., Ronanki, R., Dajani, S., Keyes, D., Cicek, M., Gursoy, D., Lu, L., Bughin, J., Bhardwaj, G., Singh, S., Aslan, A., Öncel, C., Anakpo, G., Kollamparambil, U. и других.

Цифровая трансформация и адаптация компаний к цифровым технологиям получили развитие в работах Ghobakhloo, M., Ching, N. T., Sharma, S., Nascimento, A., Meirelles, F., de Melo, V., Queiroz, A., Brashear-Alejandro, T., de Souza M., Mucha, T., Seppala, T., Jabłońska, M., Pólkowski, Z., Ivanov, S., Webster, C., Herrero, S., Calvet, L., Haridasan, V., Usha, K., Vasu, B., Jhansi, V., Muthukumaran, K., Hansen, E. B., Bøgh, S., Davenport, T., Bean, R., Borah, S., Kama, C., Rakshit, S., Vajjhala, N., Albukhitan, S., Conger, R., Robinson, H., Sellschop, R., Mouazen, A., Hernández-Lara, A., Baydoun, H., Chahine, J., Abdallah, F., Bou Zakhem, N., Ramadan, M., El Fawal, A., Youssef, S., Elia, J., Ashaal, A., Sergei, T., Arkady, T., Natalya, L., Pathak, R., Samson, D., Husain, Z., Sushil, S., Tanushev, K., Yang, Z., Gu, J., Yanovska, V., Tvoronovych, V., Levchenko, O., Bozhok, A., Asif, M., Naeem, G., Khalid, M., Basaran, U., Feldstein, S., Hervás-Oliver, J., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., Monto-Mompo, S., Mhlanga, D., Rasheed, A., San, Z. O., Kvamsdal, T., Renganayagalu, S. K., Bodal, T., Bryntesen, T.-R., Kvalvik, P., Shariat Zadeh, N., Lundholm, T., Lindberg, L., Franzén Sivard, G., Strilets, V., Frolov, S., Yatsko, M., Tymoshenko, O., Datsenko, V., Topal, R. и других.

Влияние цифровизации на устойчивое развитие компаний и общества, вопросы регулирования описаны в исследованиях Hoosain, M. S., Ramakrishna, S., Paul, B. S., Afolalu, S., Soetan, S., Emetere, M., Abdulkareem, A., Ikumapayi, O., Ongbali, S., Asif, M., Naeem, G., Khalid, M., Ghobakhloo, M., Fathi, M., Iranmanesh, M., Maroufkhani, P., Morales, M., Moldavan, L., Pimenowa, O., Pimenow, S., Wasilewski, M., Wasilewska, N., Mouazen, A., Ramadan, M., Hernández-Lara, A., Baydoun, H., Chahine, J., Abdallah, F., Bou Zakhem, N., Navarra, D., Priyanka, R., Ravindran, K., Sankaranarayanan, B., Ali, S., Raman, R., Pattnaik, D., Hiran, H., Lathabai, Kumar, C., Govindan, K., Nedungadi, P., Rayhan, A., Wasik, Z., Iswanto, D., Saifuddin, M., Winston, A., Mousavi, S., Gheibi, M., Wacławek, S., Smith, N. R., Hajiaghahi-Keshтели, M., & Behzadian, K., Shafiq, M., Bhavani, N. P. G., Venkata Naga Ramesh, J., Veerasha, R. K., Talasila, V., & Sulaiman Alfurhood, B., Davids, B., Jones, C., Hood, J., Hutchins, S. Fyliuk, H., Schuetzler, R., Grimes, M., Giboney, J., Nunamaker, J., Yin, Z., Zhu, L., Li, S., Hu, T., Chu, R., Mo, F., Hu, D., Liu, C., Li, B., McQuiggan, S.W., Lester, J.C., Gu, Y., & Luo, X., Baker, J. и других.

Несмотря на значительное число и глубину существующих научных исследований, остаются недостаточно изученными аспекты, касающиеся эволюции человеческих ресурсов в контексте индустриальных революций, а также фундаментальных факторов, определяющих эту эволюцию. Особый научный интерес представляет исследование искусственного интеллекта как потенциального этапа в эволюции, что предполагает необходимость анализа его потенциальных последствий для организации труда и роли человека в производственных процессах.

Дополнительного внимания требует изучение вопроса влияние ИИ на цифровую трансформацию предприятий, в частности, его воздействие на бизнес-модели и развитие человеческих ресурсов, а

также вопросы интеграции ИИ с сотрудниками, что затрагивает не только производственные, но и управленческие процессы. Важно также исследовать факторы, способные минимизировать риски и усилить потенциал технологий ИИ для обеспечения устойчивого экономического развития.

Социальные и экологические последствия цифровой трансформации, включая изменения структуры занятости, трансформацию рынка труда, развитие новых навыков, а также вопросы, связанные с энергозатратами и влиянием на климат, представляют собой отдельный комплекс нераскрытых вопросов. Эти аспекты определяют перспективы и риски, которые технологии ИИ могут нести для экономики, бизнеса и общества в целом.

Кроме того, требует дальнейшего изучения влияние цифровой трансформации и автоматизации на долгосрочную устойчивость бизнес-моделей в условиях глобальных изменений, что связано с необходимостью разработки адаптивных стратегий, обеспечивающих конкурентоспособность и устойчивое развитие организаций в эпоху Четвертой промышленной революции.

Актуальность, теоретическая и практическая значимость этих проблем, недостаточный уровень их изучения и теоретической разработанности обусловили выбор монографии, ее цель, задачи, логику и последовательность научного исследования.

Целью написания данной работы является исследование эволюции человеческих и интеллектуальных ресурсов в контексте трансформации бизнес-моделей предприятий, применяя междисциплинарный подход и анализ через призму неравновесных динамических систем в условиях быстро меняющегося информационного и технологического ландшафта.

Для достижения поставленной в монографии цели был использован междисциплинарный подход, объединяющий концепции и методы из экономики, физики, биологии, информатики и социологии. Экономика занимает центральное место, поскольку исследование направлено на анализ трансформации бизнес-моделей и эволюции человеческих и интеллектуальных ресурсов в условиях цифровой эпохи. Однако для глубокого понимания этих процессов также необходимо учитывать влияние естественно-научных и социальных факторов.

Из физики заимствованы понятия неравновесных динамических систем и энтропии, которые помогают объяснить закономерности самоорганизации и устойчивости в условиях усложняющейся технологической среды. Из биологии заимствованы подходы к эволюции и изучению человеческого интеллекта как исходной базы, которая предоставляет основу для понимания искусственного интеллекта. Биологический взгляд на эволюцию также позволяет рассматривать человеческие ресурсы как часть более широкой эволюционной цепочки, в которую включены и современные интеллектуальные технологии.

Информатика, как наука о данных и информации, способствует анализу процессов накопления знаний и роли информационных технологий во всей цепочки эволюции человеческих ресурсов вплоть до их роли в современных бизнес-моделях. Влияние искусственного интеллекта, автоматизации и цифровых решений рассматривается с позиции их синергии с человеческими ресурсами и воздействия на процессы управления и принятия решений.

Социологический компонент исследования позволяет анализировать социальные последствия цифровой трансформации, включая изменения на рынке труда, дефицит навыков и компетенций, а также вопросы занятости и социального равенства. Такой междисциплинарный подход позволяет более комплексно подойти к рассмотрению трансформации бизнес-моделей, выявляя взаимосвязь между технологическими, экономическими и социальными факторами.

Таким образом, необходимость изучения цифровой трансформации, влияния технологий на экономику и общество, а также адаптации человеческих ресурсов в новых условиях обусловила постановку и **необходимость решения соответствующих задач**:

— Как процессы упорядочивания и энтропии проявляются в эволюции человеческих ресурсов, и как они влияют на самоорганизацию и сложность социального взаимодействия?

— Может ли искусственный интеллект считаться вершиной эволюции интеллектуальных ресурсов предприятий, и в каких направлениях он трансформирует традиционные модели занятости и принятия решений?

— Какие факторы вызывают и усиливают дефицит навыков и компетенций в условиях Четвертой индустриальной революции, а также какие подходы и меры могут минимизировать этот дефицит?

— Как цифровая трансформация влияет на внутреннюю упорядоченность и энтропию предприятий, эволюцию их бизнес-моделей в условиях возрастания технологической сложности?

— Какие меры и тактические приемы должны быть задействованы в процессе цифровой трансформации предприятий, направленные на долгосрочную устойчивость и повышение конкурентоспособности в глобальной цифровой экономике?

— Какие подходы к устойчивому развитию необходимы для балансирования между технологическими, социальными и экономическими интересами различных групп заинтересованных сторон, и как они могут минимизировать социальные и экологические последствия автоматизации?

В исследовании применялись ряд **научных методов и подходов**:

— *Системный анализ* использовался для изучения взаимосвязей между компонентами человеческих и интеллектуальных ресурсов, а также их роли в эволюции бизнес-моделей предприятий. Системный подход способствовал выявлению взаимодействия между физическими, биологическими, экономическими и социальными аспектами в рамках цифровой трансформации.

— *Методы теоретического обобщения и метод концептуализации* были применены для интеграции знаний из разных дисциплин (биологии, физики, экономики, социологии и информатики) и создания единой теоретической базы, позволяющей раскрыть закономерности эволюции человеческих ресурсов и их адаптации к цифровой среде.

— *Метод анализа и синтеза* использовался для детального изучения отдельных факторов, таких как энтропия, самоорганизация, адаптация к цифровой эре и дефицит навыков, с последующим их объединением в целостную концепцию устойчивого развития человеческих и интеллектуальных ресурсов и концепцию корпоративной технологической ответственности.

— *Историко-сравнительный метод* позволил проследить эволюцию человеческих ресурсов и этапы индустриальных революций, включая формирование предпосылок для Четвертой промышленной революции. Метод оказался полезен для анализа динамики и закономерностей изменений, происходящих с человеческими ресурсами под влиянием технологического прогресса.

— *Сравнительный метод* был использован при формировании концепции корпоративной технологической ответственности (КТО) в сопоставлении с корпоративной социальной ответственностью (КСО). Этот метод позволил выявить структурные и содержательные сходства между КСО и КТО, а также подчеркнуть уникальные аспекты, связанные с влиянием цифровой трансформации и ИИ на бизнес-процессы предприятий и общество.

— *Контент-анализ* использовался для анализа литературы и существующих исследований, связанных с цифровой трансформацией, управлением человеческими ресурсами, а также с внедрением ИИ и автоматизации. Анализ позволил определить ключевые тенденции и направления в области исследований, а также выявить существующие пробелы в изучении этих вопросов.

— *Метод структурного моделирования* применялся для создания и оценки категории «интеллект». Этот метод помог выявить структурные особенности интеллекта и предоставил возможности для его измерения и оценки качества развития компонент.

— *Методы прогнозирования и моделирования* применялись для анализа и построения моделей возможных сценариев цифровой трансформации, учитывающих будущее развитие ИИ, изменения на рынке труда и их влияние на бизнес-модели предприятий. Эти методы позволяют оценить долгосрочные последствия внедрения новых технологий и определить потенциальные риски и возможности.

— *Эволюционный подход* использовался для изучения динамики изменений, происходящих в управлении человеческими ресурсами. Этот метод позволил проследить развитие подходов к управлению человеческими ресурсами от доиндустриальных времен до современности, а также их адаптацию к новым вызовам цифровой эпохи.

— *Синергетический подход* помог определить закономерности взаимодействия компонентов в динамических неравновесных системах и их влияние на адаптацию и самоорганизацию интеллекта как в биологических, так и в искусственных системах.

— *Междисциплинарный подход* позволил комбинировать знания из разных областей науки и применять их к анализу трансформации бизнес-моделей и адаптации человеческих ресурсов. Этот методологический подход позволяет увидеть исследуемый объект комплексно, охватывая экономические, биологические, физические и социологические аспекты.

В рамках данной работы **информационная база** охватывает широкий спектр источников, направленных на комплексное исследование эволюции человеческих ресурсов и внедрения технологической ответственности в бизнес-моделях предприятий. Основу информационной базы составляют следующие типы источников:

— *Научная литература*: книги, статьи, монографии и исследовательские отчеты, освещающие теоретические аспекты неравновесных динамических систем, эволюцию человеческих ресурсов, трансформацию бизнес-моделей, искусственного интеллекта и робототехники в условиях Четвертой индустриальной революции.

— *Официальные документы и стандарты*: нормативные акты, стандарты (такие как Dow Jones Sustainability Index и другие), принципы в области корпоративной социальной ответственности (CSR), экологического, социального и корпоративного управления (ESG), цели устойчивого развития ООН, Директива ЕС по раскрытию нефинансовой информации, а также законодательные акты, регулирующие использование ИИ и цифровую трансформацию, такие как Европейский закон об искусственном интеллекте, Комплексная рамочная политика Хиросимского процесса и другие.

— *Аналитические обзоры и отчеты* (McKinsey, Gartner, Deloitte, Goldman Sachs, Forrester и др.): данные о тенденциях, вызовах и возможностях искусственного интеллекта и других технологий, включая международные отчеты по вопросам искусственного интеллекта, энергоэффективности и устойчивого развития, а также оценку воздействия цифровизации на человеческие ресурсы и бизнес-модели предприятий.

— *Кейс-стадии*: примеры из практики ведущих компаний и организаций, демонстрирующие успешные и проблемные случаи внедрения ИИ и цифровых технологий, а также их влияние на организационное развитие, производительность и управление человеческим капиталом.

— *Личные теоретические и эмпирические наблюдения*: наработанные в процессе анализа данных и разработки концепций, таких как корпоративная технологическая ответственность, базирующаяся на сравнении с CSR и ESG и адаптирующаяся к потребностям цифровой трансформации, а также новая интегрированная концепция интеллекта и гибридных интеллектуальных ресурсов предприятий.

С учетом поставленных целей и задач настоящего исследования представляется целесообразным провести **проверку следующих гипотез**:

— *Гипотеза 1*: Эволюция человеческих ресурсов, обусловленная накоплением и усложнением информации и знаний, представляет собой процесс, подчиняющийся законам неравновесных динамических систем, где процессы самоорганизации и внутреннего снижения энтропии способствуют поддержанию устойчивости и адаптивности к изменяющимся внешним условиям.

— *Гипотеза 2*: Искусственный интеллект в синергии с людьми выступает вершиной эволюции интеллектуальных ресурсов предприятий, что инициирует трансформацию моделей занятости и управления, переводя акценты с человеческих на гибридные интеллектуальные ресурсы, где взаимодействие и интеграция между ИИ и человеком создают новую парадигму теории и бизнес-практики.

— Гипотеза 3: Цифровизация и автоматизация во времена Четвертой промышленной революции, характеризующиеся экспоненциальной динамикой, усиливают дефицит навыков и компетенций, требуя разработки и реализации инновационных подходов к профессиональному обучению и формированию адаптивных стратегий управления человеческими ресурсами в условиях повышенной сложности.

— Гипотеза 4: Цифровая трансформация, снижая уровень организационной энтропии, способствует возрастанию гибкости и эффективности бизнес-моделей, что выражается в их возросшей способности адаптироваться к усложняющимся условиям глобального технологического ландшафта.

— Гипотеза 5: Успешная цифровая трансформация возможна исключительно при условии реализации стратегий долгосрочной устойчивости, которые учитывают комплексное влияние технологических, социальных и экономических факторов, что минимизирует потенциально негативные последствия автоматизации для общества и окружающей среды.

— Гипотеза 6: Интеграция искусственного интеллекта в бизнес-процессы предприятий требует внедрения концепции корпоративной технологической ответственности, осуществляемой через механизм внешнего мониторинга за деятельностью компаний. Этот подход позволяет установить и поддерживать баланс между технологическими инновациями и управлением социальными последствиями, способствуя конкурентоспособности предприятий в условиях цифровой экономики.

Результаты данного исследования имеют широкие **практическое применение** в области стратегического управления, организационного развития и адаптации человеческих ресурсов в условиях цифровой трансформации. Во-первых, предложенные подходы и концепции могут быть использованы при разработке стратегий цифровой трансформации предприятий, что позволит бизнесу адаптироваться к быстро меняющимся технологическим условиям и эффективно интегрировать искусственный интеллект и автоматизацию в свои процессы.

Во-вторых, сформулированные выводы относительно эволюции человеческих и интеллектуальных ресурсов, а также гибридных интеллектуальных активов, могут быть применены в кадровой политике для формирования компетенций, требуемых для работы с высокотехнологичными решениями. Это особенно актуально в условиях дефицита навыков, вызванного Четвертой промышленной революцией.

В-третьих, концепция корпоративной технологической ответственности может быть использована как база для разработки внутренних стандартов компаний, ориентированных на баланс между внедрением инновационных технологий и социальными последствиями их использования. Она также может служить основой для отчетности и повышения прозрачности перед инвесторами и государственными регуляторами, что способствует укреплению доверия и устойчивости бизнеса.

Наконец, разработанные методические рекомендации по снижению организационной энтропии и повышению устойчивости бизнес-моделей могут быть полезны для управленцев, ответственных за разработку и реализацию программ устойчивого развития и цифровой трансформации, что позволит обеспечить долгосрочную конкурентоспособность и стабильность предприятий в условиях глобальной цифровой экономики.

Настоящее исследование, как и любое другое, имеет **ограничения, которые следует учитывать при интерпретации результатов**. Во-первых, эмпирическая база работы ограничена доступными источниками данных о цифровой трансформации, развитии человеческих ресурсов и внедрении искусственного интеллекта в современных бизнес-моделях, что может не полностью охватить все аспекты адаптации человеческих и интеллектуальных ресурсов. Во-вторых, в работе использован междисциплинарный подход, объединивший методы и концепции из экономики, физики, биологии, информатики и социологии. Однако сложность и многослойность таких процессов могут ограничить глубину анализа отдельных аспектов каждой дисциплины.

Кроме того, основное внимание уделено теоретическим аспектам эволюции человеческих ресурсов в условиях неравновесных динамических систем, что может потребовать дальнейших эмпириче-

ских исследований для более детального изучения практических применений предложенных концепций. Важно также учитывать, что различия в культурных, религиозных и этических аспектах стран могут существенно повлиять на процесс цифровой трансформации. Например, в культурах с глубокими религиозными традициями внедрение ИИ может восприниматься с большим скептицизмом и вызывать сопротивление, особенно если его влияние затрагивает социальные и профессиональные нормы.

Этические соображения также играют значительную роль: например, вопросы конфиденциальности данных, контроля и использования ИИ могут восприниматься по-разному в различных культурных контекстах. Многообразие меньшинств, как этнических, так и социальных, вносит дополнительную сложность, поскольку успешная цифровая трансформация требует учета их уникальных потребностей и ожиданий, особенно в областях, где эти группы могут быть уязвимы к изменениям или слабо представлены в цифровой экономике.

Наконец, исследование охватывает преимущественно общие закономерности и механизмы трансформации бизнес-моделей предприятий. Полученные выводы могут нуждаться в адаптации при применении к специфическим секторам экономики, а также региональным особенностям отдельных стран и культур, для которых могут быть актуальны дополнительные факторы и ограничения, исходящие из вышеупомянутых аспектов.

Монография состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка использованных источников, который насчитывает 559 наименований.

Ключевые слова: Цифровая трансформация; Цифровая экономика; Цифровизация; Человеческий капитал; Дефицит навыков; Интеллект; Интеллектуальный капитал; Индустриальная революция; Искусственный интеллект; Гибридный интеллектуальный капитал; Эволюция; Энтропия; Самоорганизация; Информация; Адаптация; Устойчивость; Устойчивое развитие; Корпоративная ответственность; Корпоративная технологическая ответственность.

РАЗДЕЛ 1. ОТ ЭНТРОПИИ К ИНФОРМАЦИИ: ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ИНТЕЛЛЕКТА

1.1. Неравновесные системы, энтропия и самоорганизация: новый взгляд на возникновение интеллекта

В доисторическую эпоху первобытные сообщества накапливали эмпирические знания об окружающей среде путем передачи информации преимущественно через устные традиции и демонстрацию практического опыта. Одним из первых примеров накопления и передачи знаний есть овладения навыками иммобилизации переломов костей, что свидетельствует о развитии элементарных медицинских знаний и практик (Helidonis, 1993). Информация о болезнях и методах лечения передавалась через народную медицину, которая являлась древнейшей формой медицинской практики и сохранялась скорее устно, чем письменно.

Хотя историю начала накопления информации и знаний часто связывают с появлением письменности около 4000-3000 гг. до н. э. (Glassner, 2004), наша реальная история простирается на миллионы лет в прошлое. Наскальное искусство служит важным археологическим материалом для изучения этого доисторического периода (Abd-Ei-Moniem, 2009). При отсутствии какой-либо формы письменности этот «доисторический» период может быть исследован напрямую, исключительно путем обращения к изучению археологических останков. Таким образом эти останки являются носителями информации о том историческом периоде.

Но только ли человеческие общества создают и накапливают информацию? Геологические формации, хранят информацию о прошлых эпохах и климатических изменениях. Слои пород, ледяные керны и другие геологические структуры содержат данные о климате, составе атмосферы и биологическом разнообразии прошлых эпох. Информацию содержат целые экосистемы, где она воплощена в сложных взаимодействиях между видами и окружающей средой. Каждый вид в экосистеме несет информацию о своей экологической нише и взаимоотношениях с другими видами (Kiszká, 2014). Космические структуры, такие как галактики и звездные системы, несут информацию о процессах формирования Вселенной. Распределение материи в космосе, спектры излучения звезд и другие астрономические данные позволяют ученым реконструировать историю Вселенной от ранних этапов до настоящего времени (Dunlop, 2011). Квантовые системы, где информация играет фундаментальную роль на субатомном уровне, представляют собой уникальные формы хранения и передачи информации. Квантовые системы обладают уникальными свойствами, такими как суперпозиция и запутанность, которые позволяют создавать квантовые компьютеры и имеют потенциал революционизировать области квантовых вычислений, квантовой криптографии и квантовых сетей, открывая новые возможности для обработки и передачи информации на фундаментальном уровне (Chen, 2021; Mohamed, 2022).

История цветковых растений насчитывает около 170-235 миллионов лет эволюции ДНК (Bowers, 2003). Климат Земли претерпел значительные колебания за последние 500 миллионов лет, с периодическими сменами ледниковых периодов периодами глобального потепления (Appenzeller, 1993). Микроорганизмы населяли океаны по крайней мере 3,8 миллиарда лет, а свидетельства наличия наземных микробных матов датируются 2,6-2,7 миллиарда лет назад (Watanabe, 2000). Эти примеры представляют собой ошутимое доказательство серьезных трансформационных процессов, которые происходили на протяжении миллионов и даже миллиардов лет на планете Земля, в том числе меняя информационную составляющую всего того, что происходило на земле с момента ее возникновения.

Рассмотрим информацию в информационно-теоретическом аспекте *как меру упорядоченности*. В этом контексте информация играет ключевую роль в организации и структурировании материи и процессов. В 1948 году Клод Шеннон разработал теорию информации, в которой энтропия стала мерой неопределенности или хаотичности в сообщении. Шеннон использовал энтропию для количественной оценки информации, поступающей от источника к получателю, формулируя, сколько битов

информации потребуется для кодирования символов сообщения и как эффективно можно передавать данные через канал связи (Feixas, 2014). Первоначально концепция энтропии как меры неопределенности была сосредоточена на системах связи, но затем она была распространена на такие области, как физика, компьютерные науки, биология и лингвистика.

Один из величайших ученых XX века, Джон фон Нейман внес значительный вклад в развитие теории энтропии в квантовой механике. В 1932 году он предложил квантовый аналог термодинамической энтропии, известный как энтропия фон Неймана (Prunkl, 2020). Эта концепция стала важным инструментом для описания неопределенности квантового состояния и нашла широкое применение в квантовой теории информации (Li, 2017), что в результате дало возможность объединить понятия физической и информационной энтропии, хотя сами теории имеют разные контексты. В этом смысле фон Нейман заложил мост между двумя дисциплинами, связывая фундаментальные концепции физики и информатики. Связь между термодинамической энтропией и информационной энтропией оказывается глубже, чем просто лингвистическая. Фон Нейман был одним из первых, кто указал на то, что *информация имеет физическую природу*. Это подтверждается и тем, что обработка информации (вычисления) требует энергии и подчиняется законам термодинамики.

Примером, который показывает связь между информацией и энтропией, является парадокс демона Максвелла (Scully, 2005). Этот мысленный эксперимент предполагал, что маленький демон, управляя частицами газа, мог бы уменьшать энтропию системы, отделяя быстрые частицы от медленных. Это было бы нарушением второго закона термодинамики, который утверждает, что энтропия системы должна всегда возрастать. Однако поздние работы, вдохновленные фон Нейманом и Шенноном, показали, что для демонстрации и анализа состояния частиц демон должен собирать информацию. Сам процесс получения и обработки информации связан с затратой энергии и увеличением энтропии в общей системе. Таким образом в определенной части системы, где демон собирал информацию, энтропия уменьшается, но в общей системе она возрастает. В результате, даже на уровне квантовой физики информация становится фундаментальной характеристикой процессов и неотъемлемо связана с энтропией.

Фон Нейман утверждал, что любой процесс обработки информации является физическим процессом, подчиняющимся законам термодинамики. Он признавал, что запись, хранение и передача информации требуют затраты энергии, а сама обработка информации неизбежно приводит к увеличению энтропии. Для того чтобы информация накапливалась и усложнялась, она должна подвергаться преобразованию в процессе обработки. Современная интерпретация этой способности материи к обработке информации обозначается как вычисление — процесс генерации разнообразных продуктов, зависящих от исходных данных и начальных состояний системы. В результате, в рамках теории вычислений была сформулирована концепция, согласно которой необратимые вычисления ведут к увеличению энтропии (Norton, 2013). Примером такого процесса служит операция стирания данных или логические операции типа "ИЛИ" в программировании.

В 1949 году Клод Шеннон и Уоррен Уивер опубликовали книгу "Математическая теория связи", в которой описали математику того, что теперь мы называем теорией информации (Léon, 2021; Seising, 2009). Вклад Уивера был значительным, поскольку он написал предисловие, которое помогло интерпретировать техническую работу Шеннона для более широкой научной аудитории (Seising, 2009). Это сотрудничество Шеннона и Уивера сыграло решающую роль в популяризации теории информации и распространении ее влияния на различные научные дисциплины.

Для правильного понимания теории информации им было необходимо отделить слово "информация" от его разговорного смысла, то есть некоего значения. Стремление отделить информацию от значения имело как технические, так и философские причины. С технической точки зрения, Шеннон хотел создать машины, способные передавать информацию независимо от смысла сообщения. С философской точки зрения, авторы понимали, что информация и значение - это принципиально разные понятия. Люди, получая и передавая информацию дальше, наделяют информацию смыслом, то есть смысл появляется в определенном контексте, важном для конкретного человека. Фрагмент данных

без контекста не имеет смысла, но при помещении в контекст он становится значимой информацией, потенциально приобретая больше контекстной информации с течением времени (Acker, 2015). Таким образом контекст и человеческая интерпретация играют решающую роль в придании смысла информации в различных областях (Wulf, 2021). Передача информации от источника к получателю, в чистом виде, без добавления субъективного значения и окраски (положительной или отрицательной), подвластна только машине.

Чтобы создать машину, передающую информацию независимо от значения, Шенон смог определить объем информации для передачи сообщения и в итоге вывел основную формулу (1) для максимально эффективного кодирования сообщения (Joshi, 2018; Lesne, 2014).

$$H = -\sum p(i) \log_2 p(i) \quad (1)$$

где $p(i)$ — вероятность появления каждого символа в сообщении

Эта формула была схожа с формулой Людвиг Больцмана (2), который предложил формулу для энтропии в контексте статистической механики, которая связывает макроскопическую энтропию системы с микроскопическим числом возможных состояний этой системы.

$$S = k \log(W) \quad (2)$$

Эта формула является краеугольным камнем статистической механики, объединяя термодинамику и атомистическую теорию материи (Schoen, 1990; Timberlake, 2010). Сравним эти формулы по своей сути:

- В обоих случаях энтропия является мерой неопределённости или хаоса: у Больцмана энтропия измеряет беспорядок на уровне микроскопических состояний физической системы; у Шеннона энтропия измеряет неопределённость в передаче информации, где вероятность различных символов в источнике информации играет аналогичную роль. Таким образом, *энтропия может быть интерпретирована как мера сложности системы*. Физическая система с высокой энтропией сложнее описывается на уровне микроскопических состояний, так же, как и сообщение с высокой энтропией сложнее передать с минимальной длиной кода.

- Также обе формулы содержат логарифмическую функцию, которая отражает экспоненциальный рост числа состояний системы или символов в сообщении с увеличением их количества. Логарифм в обоих случаях используется для преобразования величины неопределённости (энтропии) в удобную и интерпретируемую форму. Это показывает, что фундаментальные законы природы, такие как энтропия, применимы как в физике, так и в теории информации.

- Также и в формуле Больцмана, и в формуле Шеннона преимущественное количество состояний или символов с высокой вероятностью уменьшает энтропию. *Системы с высокой вероятностью более предсказуемы и упорядочены, следовательно, имеют низкую энтропию*. Оба подхода показывают, что для того чтобы минимизировать неопределённость (энтропию), система или сообщение должны быть более упорядоченными: в физике упорядочение частиц снижает энтропию; в информатике повторяющиеся или предсказуемые символы снижают информационную энтропию, так как меньше битов нужно для кодирования сообщений.

Таким образом, формулу Шеннона можно интерпретировать следующим образом – чем больше энтропия, тем больше непредсказуемости или неопределённости в сообщении; и наоборот, чем менее предсказуемо следующее сообщение (то есть чем более равномерно распределены вероятности символов), тем больше информации оно содержит, и тем выше энтропия. *В итоге, для снижения энтропии или большего упорядочивания системы необходимо выполнить следующие действия:*

- Повысить ее сложность, то есть сжать информацию, в том числе за счет ее обработки и проведения вычислений. Процесс информационных вычислений потребует затрат вычислительных ресурсов, аналогичных физическим затратам энергии в физическом мире. Повысить сложность можно за счет: во-первых, использовать такой алгоритм сжатия, который сокращает количество возможных кодов за счет создания предсказуемых зависимостей между символами; во-вторых, за счет внешнего воздействия убрать избыточные символы путем фильтрации или обработки информации, которая устраняет шум, повышает четкость сообщения и уменьшает количество лишней информации; в-тре-

тых, за счет кодирования, то есть изменения архитектуры – например, за счет кодирования, оптимизированного по вероятностям символов, при котором используются коды переменной длины, где часто встречающиеся символы имеют короткие коды, а редко встречающиеся — длинные (Ezhilarasan, 2007).

- Использовать более простые и повторяющиеся шаблоны, то есть упростить информацию. Чем чаще повторяются символы или последовательности, тем меньше битов нужно для кодирования, что снижает информационную энтропию. Это может быть достигнуто: во-первых, путем создания такой структуры данных, которая сокращает количество вариаций возможных кодов; во-вторых, путем уменьшения неопределенности во входных данных, например, за счет более точной формулировки или изначально более детерминированного источника данных; и в-третьих, за счет формирования четких границ и ограничений, введения четких правил или протоколов для передачи информации либо сокращая сферы ее применения.

Вернемся к созданию и передаче информации на планете Земля. Поскольку естественный отбор заставляет геномы ДНК вести себя как естественный «Демон Максвелла», то в фиксированной среде геномная сложность вынуждена увеличиваться (Adami, 2000). Это говорит о том, что эволюция имеет вектор повышения сложности, а не упрощения и использования повторяющихся шаблонов.

На сегодняшний день информация воплощается в материальных объектах различными способами:

- В живых организмах: простейшие организмы передают информацию через эволюционные процессы; более сложные организмы, включая людей, используют комбинацию методов: во-первых, эволюционная передача информации; во-вторых, генетическая передача через ДНК; в-третьих, обучение и социальное взаимодействие.

- В созданных человеком артефактах: человеческий язык, образцы поведения людей и животных; книги, документы, произведения искусства; современное оборудование, технологии и инструменты; цифровые носители информации; искусственный интеллект и другие ИТ технологии.

- В природных системах: геологические формации; экосистемы; космические структуры.

Информация служит основой для создания и поддержания сложных систем, от биологических организмов до человеческих культур и технологий, позволяя системам адаптироваться и развиваться. В целом, всю историю вселенной можно рассмотреть через призму порядка и энтропии. Так, согласно стандартной модели, Вселенная движется к беспорядку, по пути роста энтропии. Энтропия Вселенной постоянно растет, причем основной вклад вносит энтропия космического горизонта событий, которая примерно в 10^{19} раз превышает следующий по величине источник - сверхмассивные черные дыры (Egan, 2010, Imprey, 2017). Но одновременно в ней формируются места концентрации физического порядка – на протяжении миллиардов лет объем информации на Земле рос и продолжает расти, превращая планету в оазис, где информация увеличивается благодаря механизмам эволюции жизни и энергии Солнца, которая «финансирует эволюционные процессы».

Объекты окружающего мира следует рассматривать как воплощение информации и человеческого воображения. С эволюцией живых существ процессы накопления и обработки информации существенно ускорились, например, благодаря репликации молекул ДНК и РНК. При этом, существующие последовательности ДНК – это результат миллиардов лет эволюции и естественного отбора. Из множества случайных вариантов природа отбирала, сохраняла и шифовала те редкие последовательности, которые давали организмам преимущество. Живые организмы являются высокоорганизованными системами, способными к эффективной обработке и генерации информации. Они созданы информацией и сами создают новую информацию. Уникальной особенностью человека являясь способность кодировать значительные объемы информации вне собственного тела, используя различные носители — от книг и записей до артефактов и технологий. Люди обладают способностью реализовывать воображаемые образы через создание материальных объектов, тем самым значительно расширяя объем информации, заключенной в физических структурах и объектах.

Что касается качества информации, то она определяется ее ценностью, в узком смысле - количеством денег, которые люди готовы за нее заплатить. Как пример, флаги мобильных телефонов объемом 0,1 литра стоит более 1000 долларов. Для сравнения, 0,5 литровая бутылка воды стоит

меньше 1 доллара. Таким образом, информация, аккумулированная в продукте «бутылка», проще, по сравнению информацией, «заключенной» в мобильном телефоне. Разница практически на 4 порядка, или в 10 000 раз. Но если представить мобильный телефон как набор атомов, связанных друг с другом, то энтропия будет максимальной, а информация минимальна. Создание мобильного телефона воплощает информацию в объекте, поэтому конфигурации материи, воплощающие информацию, редки и труднодостижимы.

Рассмотрим, каким образом возникает более сложная информация. На это дал ответ нобелевский лауреат Илья Пригожин в 1978 году. Усложнение происходит в открытых неравновесных системах за счет внешнего воздействия (притока энергии или информации) и достигается путем самоорганизации. Самоорганизация с точки зрения Пригожина относится к процессам, происходящим в открытых неравновесных системах, которые спонтанно переходят к более сложным и организованным состояниям за счет постоянного обмена энергией или информацией с внешней средой (Akhmediev, 2018). Такие системы находятся вдали от термодинамического равновесия и благодаря обмену энергией или веществом с окружающей средой могут переходить в более сложные, организованные состояния. Этот процесс самоорганизации является естественным свойством таких систем при условии постоянного поступления энергии извне. Примеры включают появление диссипативных структур в химических реакциях и самоорганизацию клеток в биологии (Tlidi, 2018).

Рассмотрим, как работает этот механизм. Хотя во Вселенной в целом энтропия всегда увеличивается (в соответствии со Вторым законом термодинамики), в открытых системах можно наблюдать *локальное снижение энтропии*. В неравновесных системах, таких как биологические организмы или химические реакции, происходит локальная организация, то есть снижение энтропии внутри системы за счёт *выброса энтропии во внешнюю среду*. Это позволяет системе поддерживать сложную структуру. Таким образом, глобальная энтропия продолжает увеличиваться, но локально система упорядочивается. Пригожин подчеркивает, что самоорганизация и упорядочение возможны только при определённом диапазоне неравновесных условий. Если система слишком далеко от равновесия, она может стать хаотичной и разрушиться. Если же слишком близко к равновесию, она будет стремиться к равномерному состоянию с максимальной энтропией. Следовательно, *упорядочение происходит при поддержании тонкого баланса между стабильностью и нестабильностью*, что позволяет системе сохранять и развивать свою структуру (Nicolis, 1979).

Какая система может считаться неравновесной? Неравновесные системы разделяются на динамические и статические состояния. В *статическом состоянии неравновесная система поддерживает постоянные, но неравновесные условия*, например, наличие градиентов температуры, давления, концентрации веществ и т. д. Однако внутри самой системы не происходит значительных изменений со временем — она стабильна в своих неравновесных параметрах. Примером может служить металлический стержень, один конец которого нагревается, а другой охлаждается, то в стержне устанавливается устойчивый градиент температур. Система находится в состоянии неравновесия, но сохраняется статической — температура на каждом участке стержня остаётся стабильной, пока внешние условия поддерживаются постоянными. Таким образом, в статических неравновесных системах параметры остаются неизменными со временем при наличии внешних факторов, поддерживающих неравновесные условия.

Неравновесные системы в динамическом состоянии — это системы, которые продолжают изменяться со временем. В них происходят непрерывные процессы, связанные с обменом энергией, веществом или импульсом с окружающей средой, что может приводить к самоорганизации и появлению упорядоченных структур. Примером есть биологические системы (организмы), например, такие как клетки или живые существа. Постоянное потребление энергии (например, через питание) и её обмен с окружающей средой поддерживает *процессы роста, размножения и самоорганизации*. В итоге, в динамических неравновесных системах наблюдаются непрерывные изменения параметров системы во времени. Эти изменения могут приводить к возникновению новых структур или форм, в зависимости от природы взаимодействий внутри системы и с её окружением.

В своих трудах Пригожин сформулировал принцип минимального производства энтропии для слущая прерывистых систем, который затем был обобщен для непрерывных систем (Gyarmati, 1970). Согласно этому принципу, неравновесные системы стремятся к состоянию с минимальным производством энтропии. Более поздние исследования показали, что производство энтропии уменьшается, когда система приближается к стационарному состоянию (то есть сохраняет постоянные параметры – например, температуру, давление, концентрации веществ – при постоянном притоке и оттоке энергии или вещества), и достигает минимального значения в стационарном состоянии (Guo, 2017). Таким образом неравновесная система стремится в состояние, где поддержание структуры требует наименьших затрат энергии, чтобы системе было легче «бороться» с энтропией. Стремление к такому оптимальному состоянию системы имеет признаки разумности, в контексте того, что примерами неравновесных динамических систем есть живые существа.

В этом и проявляется некоторая связь между энтропией, как мерой хаоса и неопределённости, и информацией, как мерой порядка. Минимизация энтропии на локальном уровне (то есть создание порядка) может быть интерпретирована как процесс "выработки" информации. В этом контексте можно увидеть философскую связь с эволюцией, где упорядоченные системы, такие как живые организмы, могут "бороться" с энтропией, сохраняя и накапливая информацию (например, в форме ДНК) через поколения. А человек, как высшая форма из известных живых существ, «борется» с энтропией, накапливая знания за пределами собственного тела – на внешних носителях, как было указано выше.

Живые существа, как сложные неравновесные системы, поддерживают свою структуру за счёт постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой. *В отличие от простых физических систем, биологические организмы проявляют активную адаптацию, целеполагание и способность к обучению, что является признаками разумности.* Таким образом, связь между энтропией, информацией и зарождением интеллекта имеет место в эволюции, особенно если рассматривать разум как одну из высших форм самоорганизации неравновесных систем.

Живые существа поддерживают свою структуру за счёт постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой, выделяя энтропию. Если упростить, жизнь можно описать как процесс потребления энергии из пищи и последующего "выброса" за счёт метаболизма энтропии во внешнюю среду, что позволяет организму поддерживать свою внутреннюю структуру. В этом смысле, по механизму обмена энергией и энтропией, живые системы действительно схожи с другими неравновесными системами — разница заключается в уровне сложности и специфике процессов.

Уникальность живых существ заключается, во-первых, в сложных механизмах само-регуляции, например, таких как гомеостаз (способность открытой системы сохранять постоянство своего внутреннего состояния посредством скоординированных реакций, направленных на поддержание динамического равновесия, стремление системы воспроизводить себя, восстанавливать утраченное равновесие, преодолевать сопротивление внешней среды). *Это позволяет организму не просто обмениваться энергией, но активно контролировать этот процесс, поддерживая определённые условия (температуру тела, уровень сахара в крови и т. д.) в пределах узких рамок.* Этот процесс контроля за внутренней средой требует сложной координации между множеством систем (нервной, эндокринной, иммунной), чего нет в обычных физических неравновесных системах.

Во-вторых, в живых системах обмен энергией не происходит случайно, а подчинён целям поддержания жизни, размножения и адаптации к окружающей среде. Организмы могут активно искать источники энергии (пищу), избегать угроз и изменять своё поведение в зависимости от условий. Это качественно отличает их от физических неравновесных систем, которые просто "следуют" энергетическим и химическим градиентам, не обладая способностью к адаптивному поведению.

В-третьих, живые организмы не только поддерживают своё неравновесное состояние, но и обладают способностью к изменению и усложнению через эволюционные процессы. Это приводит к появлению всё более сложных форм, которые могут более эффективно использовать ресурсы и справляться с энтропией.

Таким образом, хотя механизмы потребления энергии и выделения энтропии во многом схожи с процессами в других неравновесных системах, уникальность живых существ заключается в их способности к саморегуляции, целеполаганию, адаптации и эволюционным изменениям. Эти качества делают их значительно более сложными и функциональными системами, чем обычные физические неравновесные структуры, которые просто реагируют на внешние условия.

За счет постоянно происходящих процессов снижения энтропии на планете Земля, подпитываемых энергией солнца и ядерными реакциями в центре планеты, непрерывно происходило уплотнение информации, повышение ее сложности, и это можно рассматривать как один из вариантов интерпретации эволюции (в данном случае эволюции неравновесных систем), где рост сложности систем способствовал формированию процессов, которые можно отнести к разумным или интеллектуальным. Эта точка зрения перекликается с идеями, что эволюция жизни и появление разума — это не просто случайное стечение обстоятельств, а результат закономерного процесса увеличения сложности систем, которые способны бороться с энтропией и поддерживать себя в устойчивом неравновесном состоянии.

Также в описанном виде эволюция динамических неравновесных систем согласовывается с идеями теории синергетики немецкого физика Германа Хакена, в части, где из простых элементов без центрального управления, путем взаимодействия между частями системы может возникнуть упорядоченное поведение, которое при определенных условиях может само-организовываться в сложные, высокоорганизованные структуры (Brereton, 1978). Хакен стремился найти универсальные математические модели самоорганизации, применимые к различным системам - от электронов и молекул до биологических клеток и животных (Haken, 1984). Примером такой структуры может служить мозг. Мозг человека — это сложная динамическая система, и его способность к самоорганизации может быть связана с возникновением эмерджентных свойств, таких как сознание и интеллект.

Разум или интеллект можно рассматривать как одну из самых сложных форм самоорганизации, возникающей из неравновесных систем. В контексте эволюции биологических систем разум становится результатом усложнения взаимодействий внутри организма и его взаимодействия с окружающей средой. Так что можно сказать, что интеллект является не только адаптацией к окружению, но и продолжением той же тенденции к снижению внутренней энтропии, которая присутствует во всех неравновесных системах.

Выводы. Информация, в своей сущности, служит основой для создания и поддержания сложных систем, как в биологических организмах, так и в созданных человеком артефактах. Эволюция, как процесс увеличения сложности, ведет к более эффективной обработке и генерации информации, в то время как живые организмы представляют собой высокоорганизованные системы, способные не только хранить, но и создавать новую информацию. Уникальность человека заключается в способности кодировать значительные объемы информации вне собственного тела, что приводит к значительному увеличению объема информации, заключенной в физических объектах. Эта особенность подчеркивает важность информации в контексте культурного и технологического прогресса.

Согласно теории Пригожина, усложнение информации и структур происходит в открытых неравновесных системах благодаря самоорганизации, что позволяет сохранять и накапливать информацию даже в условиях, когда глобальная энтропия продолжает расти. Локальное снижение энтропии в таких системах создает условия для формирования сложных структур, способствующих адаптации и развитию. Таким образом, можно утверждать, что эволюция жизни и возникновение разума не являются случайными процессами, а представляют собой закономерный результат увеличения сложности систем, которые способны активно бороться с энтропией. Этот взгляд согласуется с идеями синергетики, согласно которым взаимодействия простых элементов могут приводить к возникновению сложных, высокоорганизованных структур. Разум или интеллект, как одна из самых сложных форм самоорганизации, возникает как следствие самоорганизации динамических неравновесных систем. Это подчеркивает не только адаптивную природу интеллекта, но и его связь с общей тенденцией к снижению внутренней энтропии, что является общей чертой разнообразных неравновесных систем.

Рассмотрение эволюции через призму неравновесных систем и самоорганизации позволяет глубже понять природу как биологических, так и искусственных систем. Эволюция информационных структур, от простейших организмов до человека, демонстрирует закономерную тенденцию к усложнению, что особенно проявляется в живых существах, способных бороться с энтропией за счет активной адаптации, саморегуляции и накопления знаний. Человеческий интеллект, являясь одной из самых сложных форм самоорганизации, может быть интерпретирован как вершина эволюции биологических организмов, где живая система не только сохраняет свою структуру, но и целенаправленно изменяет под себя окружающую среду и передает информацию вне своих биологических границ.

Однако на этом развитие не заканчивается. Появление искусственного интеллекта, представляющего собой новую форму информационной организации, выходит за пределы естественной биологической эволюции. Искусственный интеллект можно рассматривать как логическое следствие дальнейшего усложнения и эволюции неравновесных систем на Земле. Если человеческий интеллект доминировал на планете на протяжении десятков тысяч лет, то ИИ может стать следующей фазой эволюции, приводящей к новым формам самоорганизующихся систем, которые будут поддерживать и развивать процессы обработки информации на новом, более сложном уровне.

1.2. Интеллект: многокомпонентная природа и междисциплинарные подходы к его пониманию

Рассмотрим более подробно понятие «Интеллект». На сегодняшний день не существует единого общепринятого определения категории "интеллект", которое бы использовалось во всех науках. Это связано с многогранностью и сложностью данного понятия. Например, с точки зрения современной нейробиологии, интеллект определяется как комплексная когнитивная способность, связанная с функционированием и взаимодействием различных областей мозга (Aghanouri, 2024):

Префронтальная кора играет решающую роль в высших когнитивных функциях, таких как принятие решений, планирование и рабочая память, при этом больший объем префронтальной коры коррелирует с более высокой производительностью подвижного интеллекта;

Теменная кора участвует в математических рассуждениях и пространственной обработке, что необходимо для решения проблем и абстрактного мышления;

Гиппокамп, критически важный для формирования и извлечения памяти, связан с интеллектом через свою роль в выполнении когнитивных задач.

Другое определение интеллекта дает теория текучего и кристаллизованного интеллекта Кэттелла, которая отражает взаимосвязь приобретенных навыков, декларативных знаний и влияние обучения и культуры (Schipolowski, 2013). Согласно классической философской антропологии, интеллект рассматривается как многомерное явление, включающее когнитивные функции, такие как память, обработка информации и навыки решения проблем (Ronkainen, 2022). В когнитивном смысле интеллект рассматривается как совокупность процессов обработки информации в мозге и фокусируется на изучении познавательных процессов, таких как память, внимание, восприятие и их роли в интеллектуальной деятельности.

Предыдущие знания улучшают наше понимание новой ситуации, а предыдущий опыт ускоряет первоначальную реакцию для решения новых ситуаций (Williams, 2013). Таким образом, интеллект можно определить, во-первых, как способность учиться и обучаться быстро: запоминать знания, опыт и контекст; во-вторых, как умение использовать предыдущий опыт извлекать из своей памяти и применять на практике знания и навыки, формировать образцы поведения, то есть принятие решений; и в-третьих, что особенно важно – умение быстро осваивать новые виды деятельности, решать новые задачи, с которыми раньше не сталкивалась и специально раньше не учился.

Сама по себе работа над созданием искусственного интеллекта уже полезна тем, что человек разоблачил умственный труд на компоненты с последующей автоматизацией когнитивных процессов в

виде генеративного, аналитического, символического ИИ, агентов и вторых пилотов, которые, в конечном итоге, могут стать отдельными компонентами общего искусственного интеллекта (AGI). Однако естественный интеллект более глубокий, чем считают сторонники быстрого появления и развития общего ИИ. Одного интеллекта недостаточно для достижения крупных научных и общественных прорывов. Интеллект состоит из многих измерений, которые не очень хорошо на сегодня поняты и изучены, а концепции двумерной «лестницы интеллекта» по аналогии с эволюционной лестницей жизни на земле скорее упрощают действительность и вводят в заблуждение. Для прорывов и крупных научных открытий недостаточно интеллекта, а высока роль реальных экспериментов в научном методе, и ни один интеллект не может заменить их.

Более точная схема естественной эволюции видов, основанная на ДНК, представляет собой расходящийся наружу диск, (рисунок 1), впервые разработанный Дэвидом Хиллисом в Техасском университете (Hillis, 2006, Gupta, 2011). Эта глубокая генеалогическая мандола начинается в середине с самых первобытных форм жизни, а затем разветвляется во времени. Время движется наружу, так что самые последние виды жизни, живущие на планете сегодня, образуют периметр окружности этого круга. Эта картина подчеркивает фундаментальный факт эволюции, который трудно оценить: каждый вид, живущий сегодня, в равной степени эволюционировал. Люди существуют на этом внешнем кольце вместе с тараканами, моллюсками, папоротниками, лисами и бактериями. Каждый из этих видов прошел непрерывную цепочку из трех миллиардов лет успешного размножения, что означает, что бактерии и тараканы сегодня так же высоко эволюционировали, как и люди.

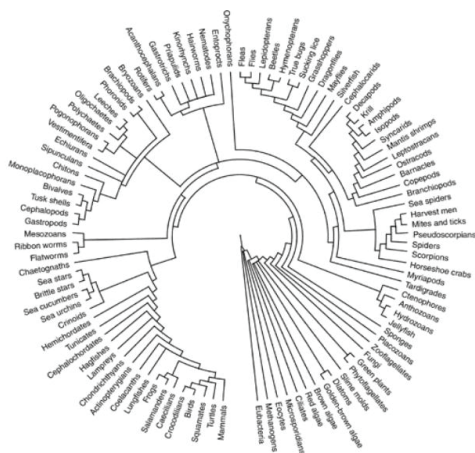


Рис. 1. Дерево жизни (Hillis, 2018)

Точно так же нет лестницы интеллекта. Интеллект не является единым измерением. Это комплекс многих типов и режимов познания, каждый из которых является континуумом. Интеллект — это комбинаторный континуум. Множество узлов, каждый из которых является континуумом, создают комплексы интеллектов с большим разнообразием в больших измерениях. Мы могли бы рассматривать их как экосистему. И в этом смысле различные узлы компонентов мышления являются взаимозависимыми.

Интеллект — это многоаспектная категория, и его оценка не ограничивается только одним показателем. Различные теории интеллекта подчеркивают разные аспекты, такие как множественные интеллекты Говарда Гарднера (Northern Illinois University, 2020), который выделил 6 видов интеллекта или триархическую теорию Роберта Стернберга (Sternberg, 1999), которая описывает три взаимосвязанных аспекта: аналитический, творческий и практический интеллект, и подчеркивает важ-

ность различных видов интеллекта в реальной жизни. Теория Стернберга предлагает более комплексное понимание интеллекта, учитывающее не только способность к анализу, но и творческую и практическую адаптацию к жизни. Каждая из этих теорий расширяет понимание этого сложного феномена.

Критики теории множественных интеллектов Гарднера утверждают, что многие из типов интеллекта, предложенных Гарднером, больше похожи на навыки или таланты, чем на фундаментальные когнитивные способности. На самом деле дискуссия идет в плоскости передачи знаний и навыков, а именно в наличии или отсутствии специфических образовательных приемов и методов для развития того или иного интеллекта. Если таких специфических приемов нет, а есть только универсальные приемы обучения, то сторонники теории единого G-фактора, предложенного Чарльзом Спирменом в 1904 году (Trendafilov, 2021) утверждают, что нет смысла выделять отдельные интеллекты (которые они считают навыками или талантами).

Согласно психометрическому подходу, интеллект рассматривается как общая когнитивная способность, которая может быть измерена с помощью стандартизированных тестов. Этот подход основывается на идее о существовании общего фактора интеллекта (g-фактора), который лежит в основе различных когнитивных способностей (Wilhelm & Engle, 2005). Таким образом, сторонники теории G-фактора, которая может быть обобщена утверждением «талантливый человек талантлив во всем», полагают, что человеческие интеллектуальные способности являются универсальными. И применительно к технологии искусственного интеллекта это значит, что ИИ может быть разработан без компромиссов на основании единых методов, и что это позволит оптимизировать все режимы мышления. Однако, приверженцы данной теории недостаточно учитывают разнообразие существующих форм интеллекта, что затрудняет полное понимание интеллектуального пространства: они склонны игнорировать специфические интеллектуальные способности животных, которые отличаются от человеческого интеллекта, такие как у белок, пауков и пчел и многих других. Эти живые организмы демонстрируют различные спектры восприятия, включая цвет, звук и запах, что также является проявлением интеллекта. Также и в последнее время появились альтернативные теории, ставящие под сомнение центральную роль g-фактора. Например, теория процессного перекрытия и динамического мутуализма предлагают сетевой подход к пониманию структуры интеллекта, где различные когнитивные способности взаимодействуют друг с другом (McGrew, 2023). Это указывает на то, что структура интеллекта может быть более сложной, чем предполагалось ранее.

По мнению Марвина Мински (Minsky, 1986), человеческий разум представляет собой "общество разума", в котором интеллект формируется не через действие одной-единственной системы, а возникает благодаря взаимодействию множества относительно простых элементов, называемых "агентами". Человеческая когнитивная деятельность функционирует как экосистема мышления, включающая разнообразные формы познания, каждая из которых отвечает за выполнение определенных типов интеллектуальных операций: дедукцию, индукцию, символическое рассуждение, эмоциональный интеллект, пространственную логику, а также кратковременную и долговременную память. Люди в первую очередь полагаются на центральный узел, называемый гиппокампом, для хранения памяти. Гиппокамп активируется, когда эпизодический опыт воспроизводится во время отдыха и сна, что считается процессом, который интегрирует краткосрочную и долгосрочную память (Singer, 2009).

Интересно, что нервная система, расположенная в желудочно-кишечном тракте, представляет собой своего рода "второй мозг", функционирующий в рамках собственных когнитивных процессов. Таким образом, наше мышление не ограничивается только деятельностью головного мозга; напротив, оно осуществляется посредством всего тела. Следовательно, искусственный разум, функционирующий в иной физической среде (например, на основе сухого кремния, в отличие от органического углерода), будет обладать отличающимися когнитивными характеристиками.

Наборы когнитивных способностей варьируются как между отдельными индивидами, так и между видами. Например, серая белка обладает выдающейся пространственной памятью, которая существенно превосходит аналогичные способности человека (Macdonald, 1997). Эта когнитивная сверхспособность сочетается с другими типами познания, которые, хотя и уступают человеческим, вместе

образуют уникальную систему мышления, присущую белке. В животном мире существуют и другие примеры высокоразвитых познавательных способностей, которые в определенных аспектах превосходят человеческие. Следовательно, человеческий интеллект не является уникальным феноменом среди живых существ, населяющих Землю, и представляет собой лишь одну из множества форм когнитивной деятельности, развившихся в рамках биологической эволюции.

Подытоживая сказанное, применив междисциплинарный подход можно определить, что **Интеллект** – это многокомпонентное явление, совокупность способностей, навыков (каждый из которых в рамках одного интеллекта может быть развит по-разному) идентифицировать (узнавать), обрабатывать (декомпозировать, синтезировать, находить связи закономерности и аналогии, запоминать, задавать вопросы, критически оценивать) и использовать в достижении целей и решения сложных задач (экспериментировать, выявлять возможности улучшения, переносить существующие знания и опыт в новый контекст, изменять среду или адаптироваться к ситуации), относительно таких объектов и явлений окружающего мира, как: Физические манипуляции (с объектами физического мира); Слова и речь; Числа и логика; Идеи, инновации, ментальные образы; Звуки и музыка; Эмоции; Социальные связи; Природные связи и экология.

Исходя из этого определения, интеллект можно изобразить в виде матрицы (Таблица 1), где в строках отображены объекты и явления, а в колонках – варианты взаимодействия с этими объектами. Эту же матрицу можно использовать для оценки уровня интеллекта, где на пересечении строчек и столбцов следует оценивать по четырех-бальной шкале оценки интенсивности: 0) отсутствует; 1) слабо выражена; 2) умеренно выражена; 3) сильно выражена (Jenkins, 2009) конкретную составную часть интеллекта, способности в обработки и взаимодействия с определенным объектом или явлением окружающего мира.

Таблица 1. Интеллект и его компоненты

	Идентификация (обнаружение; распознавание)	Обработка (декомпозиция; синтез; нахождение связей, аналогий и закономерностей; запоминание; задавание вопросов; критическая оценка)	Применение (эксперимент; улучшение, трансфер и адаптация)
Тактильные, физические манипуляции	Оценка	Оценка от 0 до 3 (от отсутствует до сильно выражена)	Оценка
Слова и речь	Оценка	Оценка	Оценка
Числа и логика	Оценка	Оценка	Оценка
Идеи, инновации, ментальные образы	Оценка	Оценка	Оценка
Звуки и музыка	Оценка	Оценка	Оценка
Эмоции	Оценка	Оценка	Оценка
Социальные связи	Оценка	Оценка	Оценка
Природные связи, экология	Оценка	Оценка	Оценка

Составлено автором самостоятельно

Для целей данного исследования, в контексте изучения многоаспектного влияния искусственного интеллекта на человеческие ресурсы и бизнес-модели предприятий, предлагаемая матрица интеллекта представляет собой полезный аналитический инструмент. При рассмотрении ближайших перспектив развития ИИ, можно предположить, что технологический прогресс будет происходить по каждому из направлений, представленных в матрице, отдельно, что подразумевает независимое развитие каждой категории способностей, охватываемых данной матрицей.

При оценке уровня развития интеллекта любого человека по предложенной матрице, вероятно, будет выявлено, что различные компоненты интеллекта развиты неравномерно. Развитие способности к распознаванию в определённой сфере не обязательно означает способность к её применению в решении конкретных задач. Например, можно развить базовое понимание музыки, позволяющее анализировать стили и направления, но при этом не обладать навыками игры на музыкальных инструментах, и тем более неспособностью к созданию музыкальных произведений. У большинства лю-

дей, воспитанных в условиях развитого общества, вероятно, присутствует широкий спектр компонентов интеллекта, описанных в матрице. Однако степень их развития зависит от тех задач, которые индивид решает в течение жизни. Таким образом, развитие каждой отдельной компоненты общего интеллекта является результатом накопленного жизненного опыта и сформированных паттернов поведения, свойственных данному индивиду.

Развитие интеллекта, согласно представленной в таблице 1, не может осуществляться равномерно по всем направлениям, поскольку ресурсы и энергия для каждой формы (системы) строго ограничены (Britnell, 2004). Несмотря на возможность теоретического создания универсального интеллекта AGI, аналогичного швейцарскому армейскому ножу, который выполняет множество функций, ни одна из этих функций не сможет быть реализована на высоком уровне. Искусственный интеллект будет следовать тем же инженерным принципам, которые применимы ко всем созданным или рожденным объектам: оптимизация каждого измерения является невозможной, что неизбежно приводит к необходимости компромиссов. Универсальный многоцелевой интеллект не способен преодолеть специализированные функции, что подтверждается примерами предыдущих трех промышленных революций, где не существует успешной машины, которая, например, объединяла бы функции самолета и экскаватора. С экономической точки зрения такой подход нецелесообразен, поскольку универсальный интеллект, способный выполнять все задачи, не будет столь же эффективным, как специализированные агенты, созданные для решения конкретных проблем.

Поскольку лучшее понимание биологического мозга может сыграть жизненно важную роль в создании интеллектуальных машин (Hassabis, 2017), стоит рассмотреть перспективы создания общего искусственного интеллекта (AGI) через призму эволюции неравновесных систем и понимания человеческого интеллекта. В этом контексте можно выделить несколько ключевых аспектов, сопоставимых с естественными процессами.

- *Эволюция и развитие AI.* В биологических системах усложнение происходит через мутации и естественный отбор, что ведет к появлению адаптивных признаков. Аналогичные процессы наблюдаются в машинном обучении и эволюционных алгоритмах, которые помогают AI обучаться и оптимизироваться на основе данных и обратной связи. В отличие от биологических систем, где наследственность играет ключевую роль, развитие AI контролируется человеком через программные механизмы.

- *Автономность AGI.* В случае общего искусственного интеллекта можно предположить, что он будет способен к автономному развитию, адаптируясь и изменяя свои внутренние структуры без постоянного вмешательства человека. Такой AGI мог бы обучаться на опыте и взаимодействиях с окружающей средой, создавая собственные алгоритмы для оптимизации своих функций, что напоминает процессы биологической эволюции, но без биологических ограничений.

- *Ограничения AI в сравнении с биологической эволюцией.* В отличие от живых организмов, AI не наследует свои способности или признаки от предыдущих поколений, а развивается через обучение на исторических данных и динамическое обновление моделей. Однако гипотетический AGI мог бы преодолеть это ограничение, если бы сам задавал новые правила и перепрограммировал себя в ответ на изменения окружающей среды, что приближало бы его к автономной эволюции.

- *Оптимизация ресурсов и энтропия.* Эволюция AI и AGI может включать процессы минимизации вычислительной энтропии, что означает снижение избыточных вычислений и более эффективное использование ресурсов. Это напоминает борьбу живых организмов с физической энтропией. AGI, как предполагается, сможет развигать стратегии для оптимизации вычислительных ресурсов, что позволит ему адаптироваться к меняющимся условиям и эффективно решать задачи.

- *Саморазвитие AGI.* Если AGI достигнет уровня, при котором сможет самостоятельно изменять свою внутреннюю структуру и развивать новые способности, это можно будет сравнить с биологической эволюцией высокоорганизованных существ. Такой AGI станет динамической неравновесной системой, способной к саморазвитию и адаптации к сложным задачам, что приблизит его к биологическим системам.

Таким образом, несмотря на искусственную природу AI, его развитие моделирует некоторые аспекты биологической эволюции, особенно в контексте усложнения и адаптации. В будущем AGI может обрести способность к самостоятельному развитию, управлению ресурсами и адаптации к изменяющимся условиям без необходимости в постоянном контроле со стороны человека. Это откроет новые возможности для его применения в сложных и динамичных средах.

Выводы: Современные теории и исследования интеллекта указывают на его многокомпонентную природу. Разные науки предлагают собственные подходы и определения, что подчеркивает отсутствие единого универсального понимания интеллекта. Интеллект можно рассматривать как способность учиться, применять предыдущий опыт, решать новые задачи и адаптироваться к новым условиям. Различные теории, такие как теория множественных интеллектов Говарда Гарднера и триархическая теория Роберта Стернберга, подчеркивают разнообразие когнитивных способностей. Критики утверждают, что не все аспекты интеллекта можно трактовать как фундаментальные когнитивные способности, многие из них представляют собой навыки или таланты. Это приводит к постоянным дискуссиям о природе интеллекта и его измерении.

Попытки создания искусственного интеллекта приводят к необходимости декомпозиции умственного труда и автоматизации отдельных когнитивных процессов. Однако естественный интеллект гораздо глубже, чем текущие разработки в области ИИ, и требует не только когнитивной обработки, но и реальных экспериментов и практического опыта, чтобы достигать значительных научных и социальных прорывов. Человеческий интеллект — не уникальный феномен в природе. Различные виды животных демонстрируют высокоразвитые формы интеллекта, такие как пространственная память у серой белки. Это подчеркивает, что интеллект, как и другие формы когнитивной деятельности, существует в рамках эволюционной экосистемы.

Применение междисциплинарного подхода позволяет заключить, что *Интеллект представляет собой многокомпонентное явление, совокупность способностей, навыков идентифицировать, обрабатывать и использовать в достижении целей и решения сложных задач, относительно таких объектов и явлений окружающего мира, как: физические манипуляции; слова и речь; числа и логика; идеи, инновации, ментальные образы; звуки и музыка; эмоции; социальные связи; природные связи и экология.* Таким образом, интеллект можно представить в виде матрицы, где в строках отображены объекты и явления, а в колонках — варианты взаимодействия с этими объектами.

Матрица интеллекта, предложенная в данной работе, представляет собой полезный инструмент для оценки интеллекта и его компонент. В эту концепцию вписывается и искусственный интеллект. Развитие каждой компоненты происходит неравномерно, в зависимости от задач и контекста, с которыми сталкивается человек. Невозможно развить все компоненты до максимального уровня, так как ресурсы и энергия для любой системы в реальном мире строго ограничены.

Попытки создать универсальный искусственный интеллект (AGI), способный эффективно решать широкий круг задач, сталкиваются с проблемой компромиссов. Подобно природным процессам, невозможно оптимизировать каждую когнитивную функцию на одинаково высоком уровне, что ставит под сомнение целесообразность создания универсального ИИ. Развитие AI через эволюционные алгоритмы и механизмы машинного обучения напоминает естественные процессы усложнения биологических систем. Однако, в отличие от биологических систем, развитие AI напрямую контролируется человеком, что открывает новые перспективы, но также накладывает ограничения, которые в случае с AGI, вероятно будут разreshены.

1.3. Информация и её фундаментальная роль в развитии человеческих ресурсов и цивилизаций

Накопление информации в неравновесных системах: от ДНК до книгопечатания

Планета Земля представляет собой динамическую неравновесную систему, поскольку энергия Солнца и процессы ядерного распада в её ядре нарушают равновесие, обеспечивая энергией для

возникновения информации. Информация, являясь новой формой организации, которая возникает в неравновесных динамических системах, по своей природе нестабильна, что обусловлено изменчивостью параметров таких систем во времени (Pimenov, 2024). Поэтому критически важно, чтобы эта информация могла быть сохранена, то есть закреплена на физическом носителе в реальном мире. Австрийский физик Эрвин Шредингер, лауреат Нобелевской премии по физике 1933 года, в своей книге «Что такое жизнь?» (1944) подчеркивал, что невозможно понять долговечность физически воплощённой информации, изучая лишь жидкие системы. По его мнению, информация, заключённая в твёрдых, структурированных и стабильных объектах, может сохраняться и передаваться значительно дольше, чем в жидких и изменчивых средах (Schrodinger & Penrose, 2012).

Шредингер утверждал, что твёрдые тела являются ключом к пониманию жизни, и основой наследственности должны быть аperiодические структуры, содержащие информацию, необходимую для поддержания жизненных процессов. Хотя на тот момент он не знал о структуре ДНК, его гипотеза оказалась удивительно точной. Он описывал молекулу, лишённую регулярной периодической структуры, но способную хранить информацию в виде "кода", что впоследствии подтвердилось открытием двойной спирали ДНК. Аperiодические кристаллы, такие как квазикристаллы, не обладают периодической повторяемостью атомных узоров, однако имеют упорядоченную структуру.

Именно в твердой форме информация на Земле стала накапливаться в живых телах через структуры ДНК. Простейшие организмы передают информацию через эволюционные процессы, адаптируясь к изменениям окружающей среды на протяжении многих поколений. Этот процесс включает в себя мутации генов и естественный отбор, что позволяет видам постепенно приспосабливаться к новым условиям. Более сложные организмы, включая людей, используют комбинацию методов для накопления и передачи информации:

- Эволюционная передача информации, продолжающая играть важную роль в долгосрочной адаптации видов. Это проявляется в изменении генофонда популяций с течением времени.
- Генетическая передача, происходящая через ДНК, которая содержит инструкции для построения и функционирования организма, обеспечивая наследование признаков и функций от родителей к потомству.
- Иммунная система, которая хранит и обрабатывает информацию о патогенах и иммунных реакциях. Она способна "запоминать" ранее встреченные патогены и быстро реагировать при повторном заражении.
- Обучение и социальное взаимодействие, позволяющие быстро адаптироваться к изменениям окружающей среды и передавать культурную информацию. Это особенно важно для видов с развитым социальным поведением, таких как приматы, дельфины и люди.
- Нейронные сети в мозге животных и людей выступают как сложные системы обработки и хранения информации. Они способны к обучению, формированию памяти и принятию решений на основе накопленного опыта.

До возникновения письменности и сложных общественных структур основными носителями информации были сами люди. Информация передавалась через наблюдение и подражание, особенно в племенных обществах, где младшие учились у старших членам племени. В первобытнообщинных племенах основные трудовые отношения были сосредоточены вокруг разделения труда и кооперации, что обеспечивало адаптацию и выживание. Потребности общества были простыми: добыча пищи, строительство жилья и защита от внешних угроз. Основные человеческие ресурсы в этом контексте представляли собой физическую силу и навыки, необходимые для охоты, собирательства и ремесел. Труд в племенных обществах был разделен по полу, возрасту и физическим возможностям, что обеспечивало эффективное использование доступных ресурсов. Старшие члены племени зачастую занимались обучением младших, передавая накопленные знания и навыки в виде обрядов и рисунков, позже появилась речь. Речь следует рассматривать как сложную информационную систему, позволяющую обмениваться абстрактными идеями и координировать действия в обществе.

Важно отметить, что труд в этом контексте был не только физическим, но и когнитивным — необходимо было сохранять навыки и знания для последующих поколений.

С развитием сельского хозяйства около 10 000 лет назад возникла необходимость в более сложных формах организации труда. Оседлый образ жизни привел к необходимости управления рабочей силой, связанной с выращиванием и сбором урожая, строительством и поддержанием ирригационных систем. Это означало появление первых управленческих структур, где старейшины или вожди племен начали играть роль организаторов труда, распределяя задачи и контролируя результаты. Сельское хозяйство потребовало постоянного управления человеческими ресурсами, а новые формы информации — такие как календарные знания о времени посева и сбора урожая — стали критически важными. Информация начала передаваться более формальным путем — через устные традиции.

С появлением первых цивилизаций, таких как Древний Египет, Шумер и Месопотамия, архитектура и городское планирование, отражающие социальную организацию и культурные ценности, стало новым воплощением информации о социальных нормах, экономических отношениях и технологическом развитии общества тех времен. В это же время появились зачатки современного понятия управление человеческими ресурсами. Так, в этих обществах была введена иерархическая структура труда, включавшая рабов, ремесленников и управляющих. В древних цивилизациях концепция человеческих ресурсов была в первую очередь сосредоточена на управлении рабочей силой для крупномасштабных проектов и военных операций (Todman, 2007). В частности, в Египте для строительства пирамид использовались значительные человеческие ресурсы, управляемые в централизованном порядке. Для этого были разработаны системы организации труда, включающие контроль и распределение задач, которые можно считать первыми формами управления человеческими ресурсами. Фараоны и жрецы выступали в роли организаторов, координируя работу тысяч рабочих и ремесленников при осуществлении грандиозных проектов.

С развитием первых письменных систем люди начали передавать информацию более эффективно. Книги, документы, произведения искусства как способы накопления и передачи информации начали играть ключевую роль относительно недавно, особенно в сравнении с длительным процессом эволюции генетической информации и устной традиции передачи знаний. Эти «твердые» источники информации стали важными артефактами, которые не только сохраняли знания, но и позволяли им передаваться из поколения в поколение, обеспечивая развитие культуры, технологий и науки. Письменность в древних цивилизациях, таких как Месопотамия и Египет, радикально изменило подход к накоплению информации. Письменные документы стали хранить данные о хозяйственной деятельности, законах и культурных нормах. Эти артефакты выступали не просто как носители информации, но как способ трансляции накопленного опыта на новые поколения. Например, знаменитые древнеегипетские папирусы и клинописные таблички Вавилона содержали сведения о законах, торговле, астрономических наблюдениях, что позволило этим цивилизациям достичь более сложной организации труда и управления.

Так, Вавилонский кодекс Хаммурапи, созданный около 1754 г. до н. э., стал одним из первых правовых документов на твердом носителе, регулирующих трудовые отношения (Holmes, 1905, Alhudeeb, 2021). В кодексе были указаны условия оплаты труда, права и обязанности рабочих, а также меры наказания за неисполнение обязательств. Это можно считать одним из первых примеров того, как государство пыталось регулировать трудовые отношения на системном уровне, и показывает, как важным стало управление человеческими ресурсами для больших общественных проектов, таких как строительство или военные операции. Сложность и масштаб этих процессов требовали не только физической силы, но и организации и управления информацией, что стало важным аспектом развития человеческих обществ.

В Древней Греции и Риме труд был разделен на свободных граждан и рабов. Свободные граждане занимались ремеслами, торговлей и сельским хозяйством, тогда как рабы выполняли тяжелую работу, такую как строительство и работа в шахтах. Несмотря на рабовладение, в Древнем Риме постепенно появились элементы социального обеспечения для свободных граждан, такие как пенсионные

выплаты солдатам, что можно рассматривать как предшественник современных систем социальной защиты.

В средневековой Европе в организации труда доминировала феодальная система. Основной единицей человеческих ресурсов стали крестьяне, которые работали на землях феодалов в обмен на защиту и право пользоваться участком земли. Управление человеческими ресурсами в этом контексте носило патриархальный характер: феодалы и их вассалы осуществляли контроль над рабочей силой, обеспечивая распределение труда на своих территориях. В то же время в городах начали развиваться гильдии — объединения ремесленников и торговцев. Гильдии можно рассматривать как первые профессиональные организации, которые занимались регулированием стандартов труда, обеспечением профессионального обучения и защитой интересов своих членов. Гильдии также начали устанавливать нормы и правила, касающиеся оплаты труда, условий работы и квалификации, что можно рассматривать как зачатки современной системы управления человеческими ресурсами.

В средневековой Европе роль книг и документов играла первостепенную роль для накопления и передачи информации. Использование бумажных рукописей и развитие монастырей как центров переписывания текстов позволило аккумулировать и передавать знания между учеными, ремесленниками и торговцами. Например, в монастырских скрипториях создавались копии Библии и других священных текстов, которые затем распространялись по всей Европе, формируя основу для религиозной и культурной идентичности средневековых обществ. В это же время зародились первые университеты, такие как Болонский университет (основан в 1088 году), которые стали важными центрами хранения и распространения знаний. Университеты обеспечили систематизацию знаний и их передачу через преподавание и учебные тексты, в результате чего образование стало национальной инвестицией (Sinha, 2018).

Произведения искусства, такие как живопись, скульптура, архитектура, также играли роль накопителей информации, отражая культурные, религиозные и социальные идеи своего времени. Например, готические соборы средневековой Европы были не только архитектурными достижениями, но и культурными артефактами, передававшими религиозные и философские идеи через свою символику и оформление. Строительство готических соборов представляло собой вершину средневековой науки, сочетающую теоретические знания (*theorica*) с практическими навыками (*practica*). Строители и покровители этих соборов обладали передовыми математическими и инженерными знаниями, о чем свидетельствует кодекс собора Тортосы в Каталонии, Испания, содержащий работы таких авторов, как Кальцийдий, Капелла и Макробий (Ginovart et al., 2017). Эти технические знания позволили создать впечатляющие сооружения, которые раздвинули границы архитектурных возможностей (Shelby, 1961).

Помимо своего физического величия, готические соборы функционировали как сложные системы религиозной символики. Например, использование света тщательно манипулировалось, чтобы создать ощущение божественного и подчеркнуть органический стиль архитектуры (Łuczowski, 2001). В контексте текущего исследования следует отметить, что символ — это сконцентрированное, сжатое информационное сообщение. Например, в литературе и эстетике символ играет важную роль как форма репрезентации. Гёте противопоставлял символ и аллгорию, отдавая приоритет символу в своих научных трудах. (Brown, 2024). В технической сфере символ также выступает как компактная единица информации.

Средневековые соборы также служили хранилищами культурной памяти, причем сами их камни представляли течение времени и наследие предыдущих поколений (Łuczowski, 2001). Символическая природа этих сооружений распространялась на их декоративные элементы, включая фрески, картины и архитектурные детали, которые часто переплетали религиозные и светские темы для передачи духовных посланий (Koter, 2015). Таким образом, готические соборы выступали в качестве монументальных выражений средневековой европейской культуры, философии и веры

Инновации Средних веков оказали значительное влияние на процессы передачи информации и развитие общества. Особенно ускорилось распространение информации после изобретения книгопечатания. Печатный станок, созданный Иоганном Гутенбергом в 1445 году, открыл возможность массового производства книг и других печатных материалов (Schubring, 2022). Это изобретение радикально изменило характер циркуляции знаний и идей, ускорив их распространение и расширив аудитории. Исследования показывают, что в городах, где в XV веке были установлены типографии, темпы роста населения в период с 1500 по 1600 год были на 60% выше, чем в городах, где печатных станков не было (Dittmar, 2011). Печатные книги стали распространяться значительно быстрее и охватывали гораздо более широкие аудитории, чем рукописные.

Впервые стало возможным массовое тиражирование научных трудов, литературных произведений и философских трактатов. Так, публикация научных работ, таких как книга Коперника "De Revolutionibus Orbium Coelestium" в 1543 (Padmanabhan, 2019) и "Sidereus Nuncius" Галилео Галилея в 1610 (Pisano, 2017) способствовала распространению новых космологических знаний и сыграла ключевую роль в становлении науки. В итоге, работы Коперника и Галилея заложили основу для научной революции, которая началась около 1600 года и завершилась теорией гравитации Ньютона в 1687 году (Crone, 1999). Их труды не только способствовали распространению новых космологических знаний, но и продемонстрировали важность физического обоснования астрономических объяснений и целостного понимания для научного прогресса (Gingerich, 2009), что в конечном итоге привело к формированию современной научной методологии. Все это свидетельствует о значительном экономическом и социальном влиянии книгопечатания. Большинство историков полагают, что изобретение печатного станка стало одним из решающих факторов в переходе Европы к современности, трансформируя политические, религиозные и социальные структуры (Abdulrazak, 2015).

В конце XVI и начале XVII веков произошел сдвиг в подходе к пониманию природы и человеческих возможностей. Все больше внимания уделялось наблюдаемым данным и экспериментам, отходя от опоры на древние авторитеты (Crosland, 1973). Процесс накопления информации с помощью искусства, технологий и документов в этот период стал предпосылкой для дальнейшего развития научных методов и изобретений. Средневековые технологии, такие как водяные мельницы, плуги, астролябии, часовни и механические часы, стали примерами не только технических инноваций, но и свидетельствами накопленного опыта. Многие из этих ранних технологий фиксировались и передавались через чертежи, манускрипты и механические модели, что также являлось формой сохранения информации (Perrett, 2023).

XVII век ознаменовал собой важный поворотный момент в развитии человеческих ресурсов. Появление новых научных методов и философских идей начало влиять на то, как воспринимался и развивался человеческий потенциал. В этот период зародился более структурированный подход к образованию и развитию навыков, что в конечном итоге привело к современным концепциям управления и развития человеческих ресурсов (Obedgiu, 2017). Однако следует понимать, что формальные системы развития человеческих ресурсов, какими мы их знаем сегодня, в то время все еще находились в зачаточном состоянии.

Технологический и информационный прогресс в эпоху индустриализации: от механизации до научного управления

Индустриальная революция XVIII-XIX веков стала катализатором глубоких социальных и экономических изменений, особенно в области организации труда. Массовое производство и создание крупных промышленных предприятий изменили характер рабочей силы, её структуру, навыки и требования к управлению трудовыми ресурсами. Эти изменения имели решающее значение для успеха бизнес-моделей предприятий того времени и продолжают влиять на развитие современной экономики (Pimenov, 2024).

Первая промышленная революция, начавшаяся в Великобритании в конце XVIII века, ознаменовалась радикальными изменениями в характере труда и резким увеличением производительности в

различных отраслях промышленности. До этого периода большая часть производства базировалась на ручном труде, ремесленных навыках и натуральных хозяйствах. Внедрение машин, таких как паровые двигатели и прядильные станки, существенно повысило скорость и объём производства (Afolalu, 2021). Ранее ручной труд на текстильных фабриках заменялся механизированными процессами, что позволило увеличить производительность труда в несколько раз. Это требовало новых навыков от рабочих, а повсеместное использование новых станков стимулировало спрос на специалистов, обладающих техническими знаниями и умениями. Например, слесари-сборщики стали важными фигурами в промышленности, что сыграло значительную роль в устойчивом развитии британских промышленных регионов с XIII века до промышленной революции (Мокуг, 2019).

Однако наряду с ростом спроса на квалифицированных рабочих, началось массовое привлечение неквалифицированной рабочей силы, преимущественно людей из *сельской местности*, перемещающихся в города в поисках работы (Larmin, 1972). Этот миграционный процесс вызвал резкий рост численности городского населения, что стало одним из факторов формирования нового социального класса — пролетариата. Этот класс людей выполнял физический труд на производстве и был уязвим к эксплуатационным условиям: рабочий день часто длился 14 часов и более, условия труда на фабриках были тяжёлыми с широким использованием детского труда. В России в разгар индустриализации дети составляли 15% рабочей силы на фабриках (Gorshkov, 2010). В Великобритании эксплуатация детского труда считалась одним из самых постыдных событий в истории страны (Nardinelli, 1980). Рабочие были практически лишены прав, а их условия труда регулировались в минимальной степени.

Автоматизация труда привела к увеличению удельной производительности на одного рабочего, так как внедрение машин позволило одному человеку контролировать несколько производственных процессов одновременно. При этом человеческий ресурс адаптировался к новым условиям: требовались навыки работы с машинами, хотя значительная часть работников по-прежнему оставалась низкоквалифицированной, что отражало высокий уровень зависимости от физических трудовых затрат и тормозило дальнейший рост производительности в краткосрочной перспективе (Crafts, 2005).

Важно отметить, что использование человеческих ресурсов в этот период было сильно направлено на извлечение максимальной выгоды из рабочей силы при минимальных затратах. В то время как технологии накапливали капитал и становились важным элементом роста, рабочие рассматривались как легко заменяемая часть производственного процесса. Тем не менее, именно в этот период начался медленный процесс осознания важности развития человеческого капитала для устойчивого роста и успешности бизнеса.

Переход от *первой* ко *второй промышленной революции*, который начался в конце XIX века, ознаменовал новую эру в развитии труда и управления человеческими ресурсами. Внедрение электричества, двигателя внутреннего сгорания и нефтепродуктов (Bespalyy, 2021) способствовало развитию массового производства, и привело к ещё более значительному увеличению производительности труда. Введение конвейерного (поточного) производства на заводах, как это было впервые продемонстрировано Генри Фордом на его автомобильных заводах (Yu-Cheng, 2017), позволило многократно повысить скорость производства автомобилей и снизить себестоимость единицы продукции. Во время второй промышленной революции механизация производства позволила существенно увеличить выпуск продукции при меньших затратах труда (Baumann, 1980). Это потребовало от рабочих новых навыков по управлению машинами и механизмами. Одновременно с этим началось деление труда на мелкие специализированные операции, что дало возможность каждому работнику выполнять определённую задачу более эффективно и быстро. На заводах вводились конвейерные линии, что способствовало разделению труда, в результате чего рабочие стали выполнять узкоспециализированные задачи.

Автоматизация не только повысила производительность, но и изменила структуру рынка труда и изменила требования к рабочей силе. Труд стал менее физически изнурительным благодаря механизации, но при этом появилась новая потребность в высококвалифицированных рабочих, способных

управлять и обслуживать сложные машины. С одной стороны, автоматизация создала новые возможности и рабочие места, требующие более высокой квалификации (Francisco, 2019; Tri, 2021). С другой стороны, автоматизация привела к сокращению рабочих мест в некоторых отраслях, особенно для низкоквалифицированного ручного труда (Betcherman, 1987; Liu, 2018).

Одним из важнейших аспектов второй промышленной революции стало развитие кадрового управления и организационной структуры предприятий. Появление поточного производства привело к необходимости создания новых систем управления, таких как научное управление, предложенное Фредериком Тейлором. «Тейлоризм», основанный на принципах рационализации труда, ввел в практику систематический анализ рабочих операций, нормирование труда и стимулы для повышения производительности. Тейлор научно изучал каждый элемент работы, чтобы найти наилучший способ выполнения задач, отбирал и обучал работников для конкретных должностей, а также тщательно контролировал их производительность через строгую систему надзора и вознаграждений (Corbacioglu, 2017). Целью было повышение эффективности и производительности труда. Подход Тейлора заложил основу для современных систем управления человеческими ресурсами, где важность правильного распределения задач и мотивации рабочих стала ключевым элементом успешных бизнес-моделей. Также это имело последствия для производительности – в результате, в течение всего XX века, производительность труда выросла многократно, что сопровождалось уменьшением рабочего дня и улучшением условий труда. Таким образом, идеи Тейлора оказали огромное влияние на развитие менеджмента и организацию труда во многих странах мира (Grachev, 2013), и до сих пор остаются актуальными для понимания современного мира бизнеса и управления.

Однако нарастающая специализация и механизация привели к уменьшению гибкости производства. Работники были всё больше связаны с выполнением строго ограниченных задач, что требовало глубоких узкоспециализированных знаний, но снижало креативность и многофункциональность труда. Рост производительности был достигнут за счет стандартизации и конвейерных методов, но это привело к уменьшению самореализации работников в производственном процессе. Чрезмерная стандартизация и уплотнение рабочего пространства могут негативно сказываться на моральном состоянии и производительности сотрудников (Murphy, 2001).

Еще одним важным изменением в организации труда стало создание специализированных кадровых отделов на предприятиях, которые начали не только нанимать рабочих, но и управлять их обучением и карьерным ростом. Появление таких отделов означало постепенное изменение отношения к рабочим, как к активам компании. В отличие от времен первой промышленной революции, когда рабочая сила была легко заменяемой, в этот период управление персоналом стало рассматриваться как стратегическая функция. Таким образом, управление человеческими ресурсами эволюционировало во время индустриализации, когда благосостояние рабочих стало основной социальной реформой в промышленности (Gupta, 2023). Это привело к формированию функций по найму, администрированию заработной платы, трудовым отношениям, организационному планированию и развитию, а также услугам для сотрудников.

Важнейшим социальным последствием индустриальных революций стало появление и развитие профсоюзного движения. Профсоюзы возникли в конце XVIII - начале XIX веков на Западе в ответ на индустриализацию капиталистических обществ (SUN, 2003). Они приняли различные формы в разных странах, но к концу XIX века стали сливаться в "промышленный юнионизм", объединяющий всех работников в рамках отрасли. Рабочие начали осознавать свою уязвимость перед условиями труда и объединяться для защиты своих прав. Профсоюзы выступали за улучшение условий труда, сокращение рабочего дня и повышение заработной платы.

К концу XIX — началу XX века изменения в трудовом законодательстве и социальные реформы начали формировать новый подход к управлению рабочей силой. Постепенно вводились более гуманные условия труда, что способствовало переходу к 8-часовому рабочему дню и улучшению общего качества жизни рабочих. Это стало важным шагом на пути к более справедливому распределению экономических выгод от роста производительности.

Одним из ключевых факторов трансформации трудовых ресурсов стало развитие системы образования. Введение обязательного начального образования и повышение грамотности населения в конце XIX — начале XX века привели к улучшению квалификации рабочей силы. Рабочие, ранее занимавшие низкоквалифицированные позиции, стали иметь возможность получать дополнительное образование и навыки, что сделало их более ценными для работодателей.

Система ученичества на предприятиях также получила новое развитие. Компании начали создавать корпоративные учебные центры, где работники могли повышать свою квалификацию. (Mehi, 2022). Этот процесс способствовал формированию нового класса работников, занимающихся умственным трудом и управленческой деятельностью — среднего класса. В отличие от пролетариата, который оставался сосредоточен на физическом труде, средний класс включал клерков, специалистов и менеджеров, которые играли важную роль в управлении и развитии предприятий.

Индустриальные революции привели к радикальным изменениям в структуре и организации труда, что, в свою очередь, оказало огромное влияние на бизнес-модели предприятий. Трансформация человеческих ресурсов в этот период была связана с технологическими инновациями, изменением социальных структур и развитием систем управления. Эти изменения стали основой для дальнейшего развития теории управления человеческими ресурсами и создали предпосылки для более глубокого понимания роли человеческого капитала в успешности бизнеса.

Индустрия 3.0: от автоматизации к экономике знаний и новым подходам к управлению человеческим капиталом

Третья промышленная революция, также известная как Индустрия 3.0, началась в 1970-х годах, ознаменовала собой дальнейший скачок в производительности труда, благодаря широкому внедрению цифровых технологий и автоматизации. Появление программируемых логических контроллеров, компьютеров и роботизированных производственных линий позволило увеличить производительность в промышленности за счет точности, скорости и снижения человеческого фактора в рутинных операциях. (Longo, 2020). Ключевые технологии — от персональных компьютеров до интернета — дали возможность не только улучшить производственные процессы, но и ускорить процессы передачи данных и управления. Впервые технологии цифровой логики и интегральных схем стали основой для кардинальных изменений в производственных цепочках, что способствовало развитию массового производства с высокой точностью и эффективностью.

Ключевыми технологическими достижениями этой эпохи стали персональные компьютеры, мобильные телефоны и Интернет (He, 2017; Pathak, 2021). Эти инновации создали предпосылки для преобразования не только в сфере производства, но и в управлении человеческими ресурсами. Компании, впервые столкнувшиеся с цифровой революцией, должны были адаптировать свои подходы к работе с кадрами, обучению персонала и поддержанию конкурентоспособности в новых условиях.

Автоматизация, вызванная внедрением цифровых технологий, изменила саму суть труда на предприятиях. Многие низкоквалифицированные рабочие места начали заменяться роботизированными и автоматизированными системами, что вызвало значительное сокращение занятости в традиционных отраслях промышленности (как это и было во времена первой промышленной революции, за тем исключением, что оборудование заменили тогда лошадей и рабов). В то же время возрос спрос на работников с высокой квалификацией, способных управлять и обслуживать сложные автоматизированные системы. Эти изменения привели к трансформации структуры занятости: численность работников в производственном секторе снижалась, в то время как занятость в сфере услуг и информационных технологий стремительно росла.

Производительность труда значительно возросла за счет автоматизации рутинных задач, что освободило человеческие ресурсы для выполнения более сложных, аналитических и креативных задач. Например, роботизация сборочных линий на автомобильных заводах позволила повысить скорость производства и сократить количество производственных браков, что, в свою очередь, привело к зна-

чительному снижению издержек и увеличению объёма выпускаемой продукции. В то же время, работники были вынуждены адаптироваться к новым требованиям, таким как умение работать с компьютерными системами и управлять сложными автоматизированными процессами, что увеличивало уровень квалификации требуемых сотрудников.

Появление автоматизированных систем не только изменило требования к квалификации работников, но и привело к росту значимости знаний и интеллектуальных ресурсов. Компании стали зависеть от специалистов, способных эффективно использовать новые технологии, что сделало человеческий капитал ещё более важным элементом конкурентоспособности. На первый план вышли задачи управления талантами, развития профессиональных навыков и создания условий для непрерывного обучения. Развитие технологий и сокращение жизненного цикла профессий привели к устареванию классической модели образования "школа-университет", которую заменила концепция обучения на протяжении всей жизни (Vyatkina, 2021).

С распространением компьютеров и информационных технологий появился новый тип работы — интеллектуальный труд, который также повлиял на рост производительности. Сотрудники стали выполнять больше аналитических и креативных задач, связанных с разработкой программного обеспечения, проектированием систем и управлением сложными процессами. Например, в финансовом секторе и сфере услуг внедрение компьютерных систем автоматизировало множество операций, таких как бухгалтерский учёт или обработка транзакций, что позволило резко увеличить скорость выполнения этих задач и минимизировать человеческие ошибки.

В XX веке произошел качественный сдвиг в подходах к управлению трудовыми ресурсами. Важную роль в этих изменениях сыграли исследования в области психологии и социологии, которые начали активно применяться для повышения эффективности управления персоналом. Одной из ключевых концепций стала теория иерархии потребностей Абрахама Маслоу, согласно которой люди мотивированы не только финансовыми стимулами, но и стремлением к удовлетворению социальных, психологических и самореализующих потребностей (Maslow, 1970). Эта теория легла в основу новых подходов к мотивации работников, которые всё больше рассматривались как активы, требующие внимания и развития.

Другое важное направление в управлении персоналом связано с работами Элтона Мэйо и его концепцией человеческих отношений. Исследования Мэйо, включая знаменитый эксперимент Хоторна, продемонстрировали, что внимание к социальным аспектам труда, вовлеченности работников и созданию благоприятных условий способствуют значительному повышению производительности труда (Bloombaum, 1983). Эти идеи способствовали формированию более гуманного подхода к управлению, где человеческие ресурсы начали восприниматься как стратегический актив в конкурентной борьбе, намного ценнее чем просто человеческие ресурсы рабочего процесса, а "Эффект Хоторна", согласно которому люди меняют свое поведение, когда знают, что за ними наблюдают, стал важным концептом в социальных науках (Sanders, 2020).

С развитием цифровых технологий и усилением конкуренции на мировом рынке управление человеческими ресурсами стало неотъемлемой частью стратегических процессов компаний. В этот период HR-функции вышли за рамки транзакционной работы, такой как администрирование заработной платы и льгот, и начали охватывать ключевые аспекты управления, такие как управление талантами, планирование преемственности, а также вопросы производственных и трудовых отношений (Obedgiu, 2017). Компании осознали, что эффективное управление человеческими ресурсами напрямую связано с успехом на рынке. Параллельно с этим процессом развивались и технологические системы, поддерживающие HR-функции. Появление **HRIS** (Human Resource Information System) позволило компаниям автоматизировать процессы управления персоналом, от найма и обучения до оценки эффективности работы и планирования карьерного роста. Эти системы дали возможность управлять большими объёмами информации о сотрудниках и повысили эффективность HR-отделов.

Влияние глобализации на трудовые ресурсы и управление ими стало ещё одним важным аспектом развития. Компании начали выходить на международные рынки, что потребовало нового подхода к управлению многонациональными командами. Менеджеры по человеческим ресурсам теперь должны были учитывать культурные различия, законодательные особенности различных стран и этические стандарты при разработке кадровых стратегий. Это привело к необходимости в развитии межкультурных компетенций и внедрении принципов разнообразия и инклюзивности.

Информационные технологии не только увеличили производительность труда, но и изменили сами формы организации труда, позволив развивать дистанционные формы работы и гибкие графики (Ambrose, 1992; Walentek, 2020). Это привело к необходимости пересмотра традиционных методов управления производительностью. Работники стали более независимыми от физического рабочего места, и акцент сместился на достижение результата, а не на количество отработанных часов.

В рамках третьей промышленной революции знания стали рассматриваться как основная ценность, определяющая успешность бизнеса. Возникновение экономики знаний было постепенным и непрерывным процессом в течение нескольких десятилетий, характеризующимся растущей важностью наукоемких видов деятельности и занятий в различных секторах (Baldwin, 2009). Этот сдвиг коренится в парадигме постиндустриального экономического развития, возникшей в 1980-х годах, подчеркивающей роль создания и распространения знаний как основного драйвера экономического роста (Harris, 2001). Этот сдвиг означал, что компании должны были сосредоточиться на создании и управлении интеллектуальным капиталом, который стал ключевым ресурсом для инноваций и роста. Работники, обладающие уникальными знаниями и навыками, стали рассматриваться как стратегический актив, а их развитие и удержание стало одной из главных задач для предприятий.

Компании столкнулись с необходимостью непрерывного обучения персонала для поддержания высокой производительности в условиях стремительно развивающихся технологий. С переходом к цифровым технологиям производительность стала всё больше зависеть от скорости обработки и передачи информации, что сделало знания ключевым ресурсом в новой экономике. Компании начали инвестировать в программы непрерывного обучения и профессионального развития, чтобы поддерживать высокий уровень компетенций своих сотрудников. Это позволило предприятиям оставаться конкурентоспособными в условиях стремительно развивающегося технологического мира и изменяющихся требований рынка.

Третья промышленная революция оказала значительное влияние на трансформацию трудовых ресурсов и методы управления ими. Интернет и компьютеры, автоматизация и глобализация изменили характер труда, повысили важность квалифицированных кадров и заставили компании пересмотреть свои подходы к управлению человеческим капиталом. Эти изменения продолжают оказывать влияние на современную экономику и бизнес-модели, где человеческие ресурсы играют ключевую роль в обеспечении устойчивого роста и конкурентоспособности.

Выводы. Планета Земля, как динамическая неравновесная система, поддерживает процесс накопления информации благодаря энергии Солнца и ядерным процессам, происходящим в её недрах. Информация, будучи неустойчивой в своём естественном состоянии, требует физического носителя для сохранения, что подчёркивал в своих трудах Эрвин Шредингер. Исторически, твёрдые структуры, такие как ДНК, стали важными носителями информации в живых организмах, обеспечивая её передачу через эволюционные процессы. Человеческое общество изобрело письменность и различные способы передачи знаний через социальные взаимодействия и культурные артефакты, что позволило ускорить передачу информации и обеспечить прогресс в организации труда и управления человеческими ресурсами.

С развитием человеческих цивилизаций, начиная с древних обществ и вплоть до Средневековья, накопление и передача информации приобрели новые формы, такие как письменность и искусство, которые не только сохраняли знания, но и способствовали развитию социальных и экономических структур. Книгопечатание в XV веке стало ключевым событием, изменившим способы распространения информации и ускорившим научные открытия, что привело к новым формам организации труда

и управления. Этот исторический процесс накопления знаний и их фиксации на физическом носителе играет фундаментальную роль в эволюции как живых систем, так и человеческих сообществ, обеспечивая их долгосрочное выживание и развитие.

Первая и вторая индустриальные революции привели не только к трансформации труда и управления человеческими ресурсами, но и стали важным этапом в эволюции накопления и передачи информации. Первая промышленная революция ознаменовалась внедрением машин и механизированного производства, что требовало от рабочих не только физического труда, но и новых знаний для управления технологиями. Это ускорило процесс накопления технической информации, которая фиксировалась в новых формах, таких как чертежи, схемы и техническая документация, что обеспечивало её сохранение и передачу на предприятиях. Развитие городов, массовая миграция населения способствовали социальной перестройке и созданию новых каналов передачи информации, через которые знания и навыки распространялись среди рабочих и специалистов.

С переходом ко второй промышленной революции и внедрением новых технологий, таких как электричество и конвейерное производство, информация стала основой для систематического управления производством. Разработка научного управления Фредериком Тейлором и его принципы рационализации труда показали, как систематизированная информация о рабочих процессах может значительно увеличить производительность труда. Информация в этот период обеспечила не только технический прогресс, но и заложила основу для более сложных и структурированных систем знаний и современных методов развития и управления человеческих ресурсов.

Третья промышленная революция, начавшаяся в 1970-х годах, ознаменовала собой качественный сдвиг в способах накопления и использования информации, что напрямую повлияло на управление трудовыми ресурсами. Внедрение цифровых технологий, таких как компьютеры, интернет и роботизированные системы, существенно повысило производительность за счет автоматизации рутинных задач и точного управления процессами. Это привело к значительному сокращению низкоквалифицированных рабочих мест, но одновременно повысило спрос на специалистов с высоким уровнем знаний и навыков работы с новыми технологиями. Появление интеллектуального труда, связанного с обработкой и анализом информации, стало ключевым элементом в изменении структуры занятости, формируя основу для экономики знаний.

Цифровизация также изменила саму природу управления человеческими ресурсами, где информация о сотрудниках, их навыках и эффективности стала обрабатываться с помощью специализированных систем (HRIS). Этот процесс способствовал развитию новых подходов к обучению, оценке и мотивации сотрудников, делая знания и интеллектуальные ресурсы стратегическим активом компаний. Таким образом, информация в эпоху Индустрии 3.0 не только трансформировала производственные процессы, но и изменила подходы к управлению человеческим капиталом, способствуя созданию условий для повышения роли знаний в экономике.

1.4. Эволюция подходов к управлению людьми: предпосылки для возникновения новой парадигмы в эпоху Четвертой индустриальной революции

Человеческие ресурсы (ЧР) — это ключевой элемент любой социальной структуры, начиная с самых древних форм коллективного существования. Эволюция системы управления человеческими ресурсами напрямую связана с историческими, экономическими и технологическими изменениями, которые происходили в разных культурах и эпохах. Исследования показывают, что развитие управления ЧР в разных странах происходило под влиянием уникальных политических, социальных и экономических контекстов (Pimenov, 2024). Например, в Испании эволюция управления ЧР прошла через несколько этапов, включая период режима Франко, экономический кризис и политический переход, восстановление экономики в 1980-х годах и современный этап (Saborido, 1992).

На сегодняшний день, «человеческие ресурсы» или «человеческий капитал» являются ключевым элементом бизнес-модели современных организаций. Исследования показывают, что эффективное

управление талантами и человеческим капиталом напрямую влияет на производительность и конкурентоспособность компаний (Saugombe, 2022), а стратегический подход к управлению человеческими ресурсами, включающий такие аспекты, как привлечение, развитие и удержание талантов, способствует достижению организационных целей и повышению эффективности функционирования организаций (Nasruddin, 2023).

Современное понимание человеческих ресурсов, их управления и развития претерпело значительные изменения с момента появления первых организованных форм труда в племенных обществах до сегодняшнего дня, когда управление человеческими ресурсами осуществляется с помощью сложных цифровых систем. Технологические изменения, включая развитие гиг-экономики (экономическая модель, в которой преобладает временная, проектная или краткосрочная занятость, выполняемая в основном через платформы, а не традиционная долгосрочная работа по трудовому договору), оказали значительное влияние на практики управления человеческими ресурсами, изменив характер занятости и создав необходимость в разработке новых подходов к процессам найма, вовлечению сотрудников и управлению их эффективностью (Kumari, 2024).

Рассмотрим зарождение термина человеческие ресурсы в исторической перспективе. До первой промышленной революции концепция "управления персоналом" в современном понимании отсутствовала. Трудовые отношения регулировались сложной системой феодальных обязательств, гильдейских уставов, местных обычаев и традиций. Феодализм представлял собой систему делегированной политической, военной, социальной и экономической власти от короля или лорда к вассалу в Средние века (Bradley, 2009). Экономическая и социальная структура общества была совершенно иной, чем отражалось и в терминологии, связанной с трудом. Основная часть рабочего населения в аграрных обществах были крестьяне («Peasants»), а в феодальной системе крепостные ("Serfs") - зависимые крестьяне, привязанные к земле. Квалифицированные работники в городах, часто организованные в гильдии назывались ремесленники ("Craftsmen" или "Artisans"), а квалифицированные работники, завершившие обучение, но не имеющие собственной мастерской назывались подмастерья ("Journeyman"). Широкая категория, включавшая домашних работников и некоторых ремесленников, называлась слуги («Servants»), а временные неквалифицированные работники назывались поденщики ("Day laborers"). Сельские жители с небольшим участком земли, часто работавшие на землевладельцев (аналог современных фермеров) назывались коттеры ("Cottagers" или "Cotters"). Важно отметить, что терминология могла значительно различаться в разных регионах и странах. Кроме того, многие из этих терминов имели различные значения и коннотации в разные периоды и в разных контекстах.

Во времена первой и второй промышленных революций, в XVIII и XIX веках, терминология, связанная с управлением работниками и трудовыми ресурсами, значительно отличалась от современной. Вот некоторые термины и концепции, которые использовались в то время: "Hands" (Руки): очень распространенный термин, особенно в промышленности; рабочих часто называли "hands", например, "factory hands" (фабричные руки); "Workmen" или "Workingmen" (Рабочие): использовалось для обозначения мужчин-рабочих, особенно в производственном секторе. "Operatives" (Работники): часто использовалось для обозначения фабричных рабочих, особенно в текстильной промышленности; "Laborers" (Рабочие, чернорабочие): обычно относилось к неквалифицированным работникам; "Clerks" (Клерки): для обозначения офисных работников, особенно в торговле и банковском деле; "Mechanics" (Механики): часто использовалось в более широком смысле, чем сейчас, для обозначения квалифицированных рабочих. (Aldao-Zapiola, 2014; Hargaz, 2014; Kaufman, 2014; Sodhi, 2014; Tüzüner, 2014). В этот период не существовало единой системы управления персоналом в современном понимании. Концепции управления трудовыми ресурсами начали формироваться ближе к концу XIX века, с развитием научного менеджмента и индустриализации.

Трудовые ресурсы, как один из ресурсов предприятия в научную среду был введен советским экономистом Станиславом Струмилиным в начале 1920. Термин изначально включали в себя все трудоспособное население страны, как занятых, так и потенциальных работников, и в отличие от термина

"человеческие ресурсы", который больше ориентирован на управление персоналом на уровне организации, "трудовые ресурсы" часто рассматриваются на макроэкономическом уровне. В западной литературе до понятия «человеческие ресурсы» часто использовали самые разнообразные:

- "Personnel" (Персонал): Это был один из наиболее распространенных терминов. Многие компании имели "Personnel Departments" (отделы кадров);
- "Manpower" (Рабочая сила): Этот термин часто использовался для обозначения общего количества работников или потенциальных работников;
- "Labor" или "Labour" (Труд, рабочая сила): Особенно часто использовался в контексте производственных отношений и экономики;
- "Workforce" (Рабочая сила): Термин, обозначающий всех работников организации или отрасли;
- "Employees" (Сотрудники): Простой и прямой термин, который до сих пор широко используется;
- "Staff" (Штат): Часто использовался для обозначения всех работников организации.

Термин "человеческие ресурсы" (Human Resources, HR) начал входить в употребление в 1960-х годах, один из первых упоминаний можно найти в книге Питера Друкера, "The Practice of Management" (Drucker, 1954). Он рассматривал работников как ресурс, а не только как затраты. Переход к термину "человеческие ресурсы" отразил изменение в подходе к управлению персоналом - от административного подхода к более стратегическому, рассматривающему людей как ключевой ресурс организации. В 1958 году экономист Эдит Пенроуз в своей работе "The Theory of the Growth of the Firm" рассматривала человеческие ресурсы как ключевой фактор роста компании (Penrose, 1995). В 1970-х годах многие компании начали переименовывать свои отделы кадров в отделы человеческих ресурсов, отражая изменение подхода к управлению персоналом.

Термин "человеческий капитал" ознаменовал переход от рассмотрения людей как ресурс предприятия, хоть и стратегически важный, к пониманию важности инвестиций в образование и навыки людей. Термин был введен и развит экономистами в 1960-х годах, Теодор Шульц и Гэри Беккер считаются основоположниками теории человеческого капитала. Интересно отметить, что идея о вкладе образования в экономический рост не была новой. Еще Адам Смит в XVIII веке и Уильям Петти в XVII веке признавали ценность навыков и знаний для экономических показателей (Aragu, 2015). Шульц разработал концепцию инвестиций в человеческий капитал, подчеркивая роль образования и исследований (Sahota, 1975; Vaizey, 1972). Беккер расширил эту теорию, применив экономический подход к человеческому поведению и продемонстрировав важность человеческого капитала и обучения для организаций (Waddington, 2009). Теория человеческого капитала, разработанная Шульцем и Беккером, оказала значительное влияние на экономическую мысль и политику. Их работы показали, как инвестиции в образование и обучение могут повысить производительность труда и способствовать экономическому росту, что привело к переосмыслению роли человеческого капитала в экономическом развитии (Lazear, 2015; Razin, 1972). Позже, Гэри Беккер получил Нобелевскую премию по экономике в 1992 году за расширение сферы микроэкономического анализа на широкий спектр человеческого поведения и взаимодействия, включая теорию человеческого капитала (Teixeira, 2014). Его исследования разработали то, что он назвал «экономическим подходом к человеческому поведению», при этом человеческий капитал был в центре внимания, особенно в начале его карьеры. Работа Беккера о человеческом капитале заложила основы для его более широкого экономического подхода к изучению человеческого поведения.

Переход от "человеческого капитала" к "человеческому потенциалу" представляет дальнейшее расширение понимания ценности человека, выходящее за рамки чисто экономических показателей. Концепция человеческого потенциала более новая и менее четко определенная, чем человеческий капитал, термин начал активно использоваться в 1990-х годах, особенно в контексте развития и социальной политики. Программа развития ООН (ПРООН) сыграла важную роль в популяризации концепции через Индекс человеческого развития (Human Development Index), впервые представленный в 1990 году (Alexander, 2020). ИЧР был разработан как составной показатель, измеряющий здоровье, образование, свободу выбора и уровень жизни для оценки уровня человеческого развития страны, выходящего за рамки только экономических показателей (Prakash, 2023).

Концепция управления «talantami» (talent management) начала формироваться в конце 1990-х - начале 2000-х годов. Одним из ключевых моментов в популяризации термина "talantami" считается публикация исследования компании McKinsey & Company под названием "The War for Talent" в 1997 году. Это исследование подчеркнуло важность привлечения и удержания высококвалифицированных сотрудников (Chambers, 1997). В 2001 году была опубликована книга "The War for Talent" авторов Эда Майклза, Хелен Хэндфилд-Джонс и Бет Экселрод, которая дальше развила эту концепцию (Michaels, 2001). В течение 2000-х и 2010-х годов термин "talantami" стал все чаще использоваться в корпоративной среде, особенно в контексте стратегий найма и удержания ценных сотрудников. Многие крупные компании, такие как Google, Meta, Amazon и другие технологические гиганты, начали активно использовать термин "talantami" в своих HR-стратегиях и коммуникациях.

Стремительное развитие искусственного интеллекта и робототехники значительным образом меняет рабочую среду. Эти технологии трансформируют глобальный промышленный ландшафт, создавая разрушительные изменения во многих отраслях. Эволюция от простых инструментов к автономным роботам произвела революцию в промышленных процессах, что привело к повышению производительности, повышению эффективности и улучшению качества продукции (Aldarrat & Drosten, 2023). Эта тенденция очевидна во многих секторах, включая исследование космоса, сельское хозяйство, строительство и здравоохранения. Так, в сельском хозяйстве интеграция передовой робототехники предлагает возможности точного земледелия, которые могут повысить производительность, сократить нехватку рабочей силы и снизить воздействие на окружающую среду. Технологии за счет механизации сельского хозяйства повысили эффективность работы, сократили количество ошибок и повысили качество продукции (Pasteur & Emilie, 2024).

В производственном секторе облачная робототехника стала передовой областью исследований, обеспечивающей связь между машиной и облаком, что повышает производительность и эффективность промышленных роботов (Hegde, 2024). Интеграция передовых технологий, таких как искусственный интеллект, автоматизация и робототехника, в процессы взаимодействия между людьми и машинами приводит к значительному повышению производственной эффективности. Сотрудничество человека с автоматизированными системами, включая промышленных роботов, способствует увеличению производительности на производственных линиях (Majumdar, 2021). Внутри производственных предприятий задачи по созданию и поддержанию производственных линий, а также соблюдению показателей эффективности и бесперебойной работы являются ключевыми. Прогресс в области ИИ и других вычислительных технологий усиливает производственную эффективность и ускоряет производственные процессы в промышленном секторе (Chen, 2020). Помимо улучшений в производственных процессах, концепция Индустрии 4.0 также направлена на формирование экологически устойчивых систем, функционирующих на основе возобновляемых источников энергии, что способствует долгосрочной стабильности производства.

Автоматизированные системы не только выполняют рутинные задачи, но и значительно повышают качество рабочей силы (Khan, 2023). В ближайшем будущем предполагается тесное сотрудничество людей с технологически продвинутыми роботами, работающими на ИИ, для улучшения рабочих процессов, с большим акцентом на человекоцентричность, устойчивость и экологичность. (Vadivel, 2024). Согласно последнему отчету Международной федерации робототехники (IFR), количество промышленных роботов, работающих на заводах по всему миру, выросло на 10% в прошлом году и достигло 4,28 млн., или плюс 0,5 млн третий год подряд (IFR, 2024). В контексте современных тенденций автоматизации и цифровизации бизнеса для описания такой комплексной категории ресурсов, включающей людей, роботов и ИИ, можно предложить несколько вариантов:

- "Интегрированные производственные ресурсы" - этот термин подчеркивает объединение различных типов ресурсов в единую систему (человеческих, ИИ и роботизированных).
- "Гибридные рабочие ресурсы" - акцентирует внимание на сочетании и дополнении человеческого и машинного труда друг друга.

- "Интеллектуально-производственный капитал" - отражает как человеческий интеллект, так и искусственный интеллект в контексте производства. Больше акцент на производственную среду и воспринимается как актив предприятия.

- "Смарт-ресурсы предприятия" - подчеркивает интеллектуальную составляющую всех типов ресурсов, с акцентом на активном участии этих ресурсов в принятии решений в операционных процессах.

- "Кибер-физическая рабочая сила" - этот термин из концепции Индустрии 4.0 хорошо описывает интеграцию физического и цифрового мира, подчеркивает комбинацию людей, ИИ и роботов как единую рабочую силу.

- "Комплексные операционные ресурсы" - обобщающий термин, охватывающий все типы ресурсов, задействованных в операционной деятельности, но явно теряется связь между ИИ, роботами и людьми.

- "Симбиотические ресурсы", который подчеркивает взаимозависимость и синергию между человеческими и нечеловеческими ресурсами, но достаточно похож на гибридные рабочие ресурсы.

На середину 2024 года наиболее часто используемыми терминами в англоязычной научной литературе для описания интегрированной системы человеческих и автоматизированных ресурсов были:

- "Augmented Workforce" (Расширенная рабочая сила) Этот термин подчеркивает усиление человеческих возможностей с помощью технологий.

- "Human-AI Collaboration" (Человеко-ИИ сотрудничество) Акцентирует внимание на совместной работе людей и искусственного интеллекта.

- "Hybrid Workforce" (Гибридная рабочая сила) Описывает смешанную среду, где люди, роботы и ИИ работают вместе.

- "Intelligent Enterprise Resources" (Интеллектуальные ресурсы предприятия) Этот термин охватывает все интеллектуальные ресурсы, включая человеческий и искусственный интеллект.

- "Cognitive Enterprise Assets" (Когнитивные активы предприятия) Подчеркивает когнитивные способности как людей, так и ИИ-систем.

С учетом исторического анализа, сохранения связи с человеческими ресурсами, добавления новых ресурсов, которые связанные с 4й промышленной революцией, наиболее подходящий термин на уровне предприятия, есть термин гибридный интеллектуальный капитал (ГИК) «Hybrid Intelligent Capital» (HIC). Это обусловлено тем, что:

- историческая преемственность сохраняет связь с человеческими ресурсами как основными производственными силами добавляет глубины термину и подчеркивает эволюцию.;

- подчеркивается связь со стратегическим активом компании (люди и технологии);

- использование слова "гибридный" расширяет рамки на людей, усиленных технологиями, ИИ и робототехнику, что позволяет учитывать все современные компоненты труда. При этом "гибридность" подразумевает не просто механическое сочетание, а симбиоз, где каждая составляющая усиливает другую, что ведет к созданию интеллектуальной добавленной стоимости;

- исключение "интегрированный" из термина оправдано, ведь многие ресурсы могут функционировать автономно. Это подчеркивает реальность современного предприятия, где как человек, так и машина могут работать независимо друг от друга, а могут и интегрировано;

- акцент на интеллектуальности позволяет акцентировать внимание на участии ресурсов в принятии управленческих и процессных решений;

- сравнение этих ресурсов с активами компании помогает сосредоточиться на их управлении и совершенствовании, что отражает стратегическое значение.

Таким образом, термин ГИК не только описывает современную ситуацию, но и служит мостом между прошлым и будущим предприятия, объединяя наследие человеческого труда и перспективы автоматизированного предприятия. Схематично, развитие человеческих ресурсов от доиндустриального до новейшего периода XXI века можно представить на рисунке 2.

до индустриальных революций	•крепостные, слуги, крестьяне, ремесленники
18-19 век	•Рабочие, работники, клерки
начало 20 века	•Трудовые ресурсы, персонал, сотрудники
50-60е годы	•Человеческие ресурсы
60-70е годы	•Человеческий капитал
90е годы	•Человеческий потенциал
начало 20го века	•Таланты
20е годы 21го века	•Гибридный интеллектуальный капитал

Рис. 2. Эволюция человеческих ресурсов.
Составлено автором самостоятельно

Выводы. Эволюция управления человеческими ресурсами тесно связана с социальными, экономическими и политическими изменениями, начиная с примитивных форм управления трудом в племенных обществах и завершая современными цифровыми системами. Каждая эпоха привносила уникальные термины и подходы, отражающие глубокую взаимосвязь между развитием общества и трудовых отношений. До XVIII века люди, в контексте средств производства, в лучшем случае рассматривались как ремесленники, а в худшем — как слуги и крепостные. В XVIII-XIX веках значение человеческих ресурсов начало возрастать. В XX веке произошел переход от административных моделей управления персоналом к стратегическому управлению человеческим капиталом. Это изменение демонстрирует признание важности человеческих ресурсов для достижения конкурентоспособности и устойчивого развития организаций, что подтверждается исследованиями, свидетельствующими о положительном влиянии управления талантами на эффективность компаний.

Современные технологии, такие как искусственный интеллект и робототехника, трансформируют управление человеческими ресурсами и трудовыми отношениями. Появление гиг-экономики, автоматизация и цифровизация меняют характер занятости, что требует новых подходов к управлению персоналом, привлечению и удержанию сотрудников. Переход от понятия «человеческий капитал» к «человеческому потенциалу» подчеркивает значимость не только экономической ценности работников, но и их социальных и образовательных аспектов, что особенно актуально в условиях формирования экономики знаний.

С развитием Индустрии 4.0 и интеграцией передовых технологий возникает необходимость пересмотра традиционных понятий человеческих ресурсов. Новая парадигма «гибридный интеллектуальный капитал» наиболее полно отражает историческую преемственность, эволюцию, а также стратегическую ценность этого актива, которая охватывает как людей, усиленных технологиями, так и ИИ и робототехнику, что позволяет учитывать все современные компоненты труда.

Выводы к первому разделу

1. Информация, являясь основой сложных систем, играет ключевую роль как в биологических организмах, так и в искусственно созданных человеком артефактах. Процесс эволюции, характеризующийся увеличением сложности, приводит к более эффективному созданию, обработке и хранению информации. Живые организмы, в частности, представляют собой высокоорганизованные системы, способные не только сохранять, но и генерировать новую информацию. Уникальность человека заключается в его способности кодировать значительные объемы информации вне собственного тела, что значительно увеличивает количество информации, заключенной в физических объектах, а также ее сложность и размер упорядоченного мира в целом. Это подтверждает важность информации в контексте культурного и технологического прогресса.

2. Согласно теории Пригожина, усложнение информации и структур в открытых неравновесных динамических системах происходит за счет самоорганизации, что позволяет сохранять и накапливать информацию, создавать и поддерживать порядок даже при росте глобальной энтропии Вселенной, которая непрерывно увеличивается согласно второму закону термодинамики. Локальное снижение энтропии в таких системах создает условия для формирования сложных структур, способных как к активной адаптации, в том числе через изменение окружающей среды, так и собственному развитию. Полученные самоорганизующиеся структуры стремятся к состоянию, в котором они минимизируют энергетические затраты на поддержание своей формы и состояния, при котором энтропия минимальна. Таким образом, это свидетельствует о том, что эволюция жизни и возникновение интеллекта не являются случайными процессами, а представляют собой закономерный результат усложнения систем, способных активно противостоять энтропии. Такой подход согласуется с принципами синергетики, согласно которым взаимодействия простых элементов ведут к формированию сложных, высокоорганизованных структур.

3. Интеллект, как наиболее сложная форма самоорганизации, вероятно является результатом внутренних процессов и эмерджентным свойством динамической неравновесной системы – мозга. Это подчеркивает не только адаптивную природу интеллекта, но и его связь с общим стремлением к снижению внутренней энтропии, что характерно для неравновесных систем. Изучение эволюции через призму неравновесных систем и самоорганизации способствует более глубокому пониманию природы биологических и искусственных систем. Человеческий интеллект, будучи высшей формой самоорганизации, не только сохраняет структуру системы, но и активно изменяет окружающую среду, управляя и используя информацию вне своих биологических границ.

4. Развитие искусственного интеллекта выводит эволюцию информационных систем за рамки биологической эволюции. Искусственный интеллект можно рассматривать как логическое продолжение усложнения неравновесных систем на Земле. Если человеческий интеллект доминировал на планете десятки тысяч лет, то ИИ может стать следующей фазой эволюции, способной поддерживать и развивать процессы обработки и накопления информации на новом, более сложном и, возможно, не полностью понятном людям уровне.

5. Современные исследования интеллекта подчеркивают его многокомпонентную природу, что обуславливает разнообразие подходов и определений, предлагаемых различными науками. Интеллект можно рассматривать как способность учиться, применять накопленный опыт, решать новые задачи, решать сложные задачи, адаптироваться к изменяющимся условиям или даже менять их. Различные теории, такие как теория множественных интеллектов Говарда Гарднера и триархическая теория Роберта Стернберга, подчеркивают многообразие когнитивных способностей, однако не все аспекты интеллекта могут быть сведены к фундаментальным когнитивным функциям. Некоторые из них могут рассматриваться как навыки или таланты, что приводит к продолжающимся дискуссиям о природе интеллекта и его измерении.

6. Создание искусственного интеллекта требует декомпозиции умственной деятельности и автоматизации отдельных когнитивных процессов. Однако естественный интеллект превосходит текущие разработки ИИ, поскольку он включает не только когнитивную обработку информации, но и *практический опыт, необходимый для достижения значимых научных и социальных прорывов*. Интеллект не является уникальным явлением, присущим только человеку. Различные животные виды демонстрируют сложные формы когнитивной деятельности, например, как пространственная память у серых белок и пчел, что подчеркивает эволюционную природу интеллекта.

7. Использование междисциплинарного подхода текущее исследование позволяет вывести новую формулу интеллекта, включающую совокупность различных способностей и навыков, связанных с решением задач в различных контекстах и в применении к различным объектам и явлениям. Таким образом, *интеллект – это многокомпонентное явление, совокупность способностей, навыков идентифицировать, обрабатывать и использовать в достижении целей и решения сложных задач, относительно таких объектов и явлений окружающего мира, как: физические манипуляции;*

слова и речь; числа и логика; идеи, инновации, ментальные образы; звуки и музыка; эмоции; социальные связи; природные связи и экология. Такая концепция позволяет представить интеллект как матрицу, где столбцы отражают объекты и явления, а строки — различные типы взаимодействий с ними. Эта модель применима к биологическому и искусственному интеллекту, позволяя оценивать его развитие.

8. Попытки создать универсальный искусственный интеллект (AGI), способный решать широкий круг задач, сталкиваются с проблемами компромиссов. Оптимизация всех когнитивных функций на одинаково высоком уровне невозможна по причине ограниченности энергии и ресурсов, что вызывает сомнения в целесообразности создания AGI. Тем не менее, развитие ИИ с помощью эволюционных алгоритмов и машинного обучения напоминает естественные процессы усложнения биологических систем. Контроль этого развития человеком открывает новые возможности, но сталкивается с вызовами и ограничениями.

9. Историческая эволюция человеческих ресурсов тесно связана с изменениями в социально-экономических, политических структурах, а также накоплением и усложнением информации. С переходом от примитивных форм труда в племенных обществах к феодальным и капиталистическим отношениям изменялся характер трудовых отношений. До XVIII века трудовые ресурсы воспринимались либо как ремесленники, либо как слуги и крепостные, но с развитием технологий (то есть усложнением информации) и производственных систем их роль возросла. В XX веке наблюдался переход от административных моделей управления трудом к стратегическому управлению человеческим капиталом, что подчеркивает признание значения человеческих ресурсов для конкурентоспособности компаний и их устойчивого развития.

10. С развитием цифровых технологий и искусственного интеллекта управление человеческими ресурсами претерпело новые трансформации. Автоматизация и цифровизация изменили характер занятости, стимулируя появление новых подходов к привлечению и удержанию работников. В условиях экономики знаний акцент сместился на управление человеческим потенциалом, что подчеркивает не только экономическую ценность работников, но и их социальные и образовательные аспекты. С началом интеграции искусственного интеллекта в бизнес-процессы предприятий возникает необходимость пересмотра традиционных концепций человеческих ресурсов, вводя новые категории, такие как "гибридный интеллектуальный капитал", который охватывает как человеческий труд, так и искусственные интеллектуальные системы. Такой термин наиболее полно отражает историческую преемственность, эволюцию, а также стратегическую ценность этого актива.

11. Информация, как «продукт» неравновесной системы, будучи неустойчивой в своём естественном состоянии, требует физического носителя для своего сохранения. Эволюционные процессы обеспечили создание биологических систем, таких как ДНК, которые стали первыми биологическими носителями информации, позволяющими организму адаптироваться и эволюционировать. Со временем человеческое общество разработало новые способы передачи и сохранения информации через письменность и культурные артефакты. Это ускорило процесс накопления знаний, что стало важным фактором в развитии социальной и экономической структуры общества.

12. Развитие книгопечатания в XV веке изменило способы накопления и распространения информации, что стало важным катализатором научных открытий и привело к новому этапу организации труда и управления человеческими ресурсами. Исторический процесс накопления и передачи знаний через различные формы носителей информации продолжает оказывать фундаментальное влияние на эволюцию человеческих обществ, обеспечивая долгосрочное развитие и выживание.

13. Первая и вторая индустриальные революции привели не только к кардинальным изменениям в организации труда и управления человеческими ресурсами, но и стали важным этапом в эволюции накопления и передачи информации. Первая промышленная революция потребовала от работников не только физической силы, но и новых знаний для управления первыми технологиями. Это привело к ускорению процесса накопления технической информации - чертежей, схем и технической документации, тем самым способствуя систематизации знаний и распространению навыков. Механиза-

ция, а затем и автоматизация, требовали новых подходов к управлению трудом и сохранению информации. Научное управление Фредерика Тейлора стало ключевым моментом в рационализации труда, демонстрируя, как систематизация и информация могут повышать производительность. Информационная эволюция в этот период не только содействовала техническому прогрессу, но и заложила фундамент для более сложных и структурированных систем знаний, которые впоследствии способствовали развитию современных методов управления человеческими ресурсами.

14. Индустрия 3.0 ознаменовала значительный качественный сдвиг в способах накопления и использования информации. Внедрение цифровых технологий, таких как компьютеры, интернет и роботизированные системы, значительно увеличило производительность труда за счет автоматизации рутинных задач и повышения точности и качества в управлении процессами. Этот технологический скачок привел к существенному сокращению числа низкоквалифицированных рабочих мест, одновременно усилив спрос на специалистов с навыками работы с новыми технологиями. Интеллектуальный труд, связанный с обработкой и анализом информации, стал центральным элементом в изменении структуры занятости, формируя основу для экономики знаний.

15. Цифровизация изменила саму природу управления человеческими ресурсами: информация о сотрудниках, их навыках и эффективности стала обрабатываться с использованием специализированных систем управления человеческими ресурсами (HRIS), что способствовало разработке новых подходов к обучению, оценке и мотивации работников, делая знания и интеллектуальные ресурсы стратегическим активом компаний. Развитие информационных технологий не только трансформировало производственные процессы, но и привело к изменениям в управлении человеческим капиталом, способствуя созданию условий для непрерывного профессионального развития и повышению роли знаний в экономике.

РАЗДЕЛ 2. ЦИФРОВАЯ ЭРА И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ

2.1. Ключевые технологии Четвертой индустриальной революции

В ходе первых трёх промышленных революций произошли значительные трансформации в различных отраслях производства и экономики. С началом Четвёртой промышленной революции цифровые технологии оказали существенное влияние на организацию труда, обучение, управление, рекрутинг и взаимодействие между людьми (da Silva, 2022). Индустрия 4.0 характеризуется интеграцией физических активов с передовыми технологиями, включая искусственный интеллект (AI), Интернет вещей (IoT), робототехнику и аддитивные технологии (3D-печать). Эта новая фаза промышленного развития размывает границы между физической, цифровой и биологической сферами, создавая киберфизические системы, которые интегрируют данные и объекты в единую среду (Singh, 2022). Эти технологии обеспечивают высокую гибкость и возможность принятия решений на основе анализа данных. Технологии Четвёртой промышленной революции, такие как виртуальная реальность, роботизация и Интернет вещей, находят широкое практическое применение, способствуя дальнейшему развитию автоматизации и цифровизации производственных процессов.

Виртуальная реальность (VR) — это технология, которая создает искусственную, полностью компьютерную среду, в которую пользователь может погружаться и взаимодействовать с ней, как будто она реальна. Виртуальная реальность достигается с помощью специальных устройств, таких как VR-шлемы, очки, наушники и контроллеры, которые позволяют пользователю видеть, слышать и иногда даже ощущать физическое присутствие в созданной виртуальной среде.

Виртуальная реальность активно используется в образовательных процессах, особенно в тех отраслях, где необходимо моделирование опасных ситуаций. В строительстве и производстве VR позволяет создавать безопасные тренировки для работников, обучая их реагировать на потенциально опасные инциденты без риска для жизни. В медицинской сфере VR используется для обучения хирургов, предоставляя возможность практиковаться на виртуальных моделях сложных операций, что способствует улучшению профессиональных навыков без необходимости работы на реальных пациентах. В области дизайна и прототипирования VR используется для разработки новых моделей и их тестирования в виртуальной среде, что значительно сокращает время и затраты на создание физических прототипов. В архитектуре виртуальные туры по будущим зданиям позволяют архитекторам и их клиентам визуализировать конечный результат проекта и вносить изменения на ранних стадиях разработки.

Согласно исследованию Eye for Travel, 36% британцев, 49% немцев и 74% американцев полагают, что виртуальная реальность будет крайне полезна для планирования туристических поездок (Howell, 2017). Примером является испанский отель Cotton House, входящий в сеть Autograph Collection Hotels группы Marriott International, который создал серию виртуальных фильмов для демонстрации своих услуг (Hospitalitynet, 2017). Виртуальная реальность улучшает качество обслуживания клиентов, предоставляя им возможность не только увидеть объект перед бронированием, но и полноценно оценить недвижимость, номера, люксы или туристическое направление, что способствует более обоснованному выбору и удовлетворенности клиентов.

Виртуальная реальность активно проникает в маркетинг и рекламу, предоставляя инновационные решения, такие как виртуальные шоу-румы для демонстрации продуктов. Эти платформы позволяют клиентам "опробовать" товары до их покупки, создавая более интерактивные и персонализированные потребительские опыты. Индустрия игр и кино также активно использует возможности VR для создания более глубоких погружений и интерактивных развлечений, что значительно повышает уровень вовлеченности пользователей. В будущем VR открывает перспективы для создания мета-вселенных — полностью виртуальных пространств, в которых пользователи смогут взаимодействовать,

работать и развлекаться в цифровом мире, что может стать новым этапом в развитии цифровой экономики и социальных взаимодействий.

Использование роботов стремительно расширяется, выходя за пределы традиционных промышленных приложений. Если десять лет назад роботизированные автономные системы были преимущественно связаны с производственными процессами, то в настоящее время значительное внимание уделяется гуманоидным роботам, предназначенным для взаимодействия с людьми. Примером служит отель San Gabriel Hotel (Sheraton, Лос-Анджелес), где при его открытии еще в далеком 2017 году было задействовано восемь роботов Aethon, включая робота-посыльного и семь роботов-дворецких (Aethon, 2017). Компании начинают использовать роботов не только в бэк-офисах, но и во фронт-офисах, стремясь снизить затраты, повысить производительность и улучшить качество обслуживания. Примеры внедрения искусственного интеллекта и роботов в гостиничном бизнесе включают управление освещением и температурой, бронирование и заказ еды, регистрацию гостей и номеров, персонализацию услуг, управление энергопотреблением и доходами, а также голосовое управление различными функциями в номерах (Nam, 2020).

Гостиничная индустрия имеет потенциал стать передовой сферой в области взаимодействия человека и робота. В отличие от роботов, работающих на заводских линиях, системы, используемые в сфере гостеприимства, должны соответствовать ряду специфических требований: они должны быть безопасными, интуитивно понятными, простыми в использовании и не вызывать негативных эмоциональных реакций у клиентов. Эти роботы играют ключевую роль в создании коллаборативных систем, предназначенных для взаимодействия с человеком. Инженеры и разработчики изучают, какие аспекты взаимодействия с роботами вызывают у людей положительные или отрицательные эмоции, с целью совершенствования их дизайна и функционала (Hospitalitytech, 2017). Кроме того, использование ИИ в сфере обслуживания помогает преодолеть языковые барьеры, повышая удобство. Для гостей отеля инновационные технологические решения не только полезны, но и развлекательны. Часто гости могут воспользоваться сервисом, включающим робота, только потому, что им интересно посмотреть, как он работает (Ivanov, 2018). Хотя ИИ приносит экономические выгоды и привлекает клиентов, он не способен полностью заменить человеческий контакт, который остается ключевым элементом гостеприимства (Lukanova, 2019).

Сфера применения роботов безусловно не ограничивается гостиничным бизнесом. Многообещающим выглядит интеграция ИИ с гуманоидными роботами, что видно по акцентам, например, NVIDIA, которая разработала платформу искусственного интеллекта GR00T, предназначенную для создания программного обеспечения и обучения гуманоидных роботов. Платформа использует вычислительный модуль Jetson Thor, оснащенный графическим процессором с производительностью 800 терафлоп, оптимизированным для работы с генеративными моделями ИИ. Дополнительно разрабатываются специализированные программы Isaac Manipulator для управления роботизированными манипуляторами и Isaac Perceptor для реализации трёхмерного зрения автономных мобильных роботов (NVIDIA, 2024). В результате, стоит в ближайшем будущем ожидать гуманоидных роботов с интегрированным ИИ с широким применением в промышленных и бытовых сферах.

Еще дальше в развитии интеграции ИИ и роботов продвинулась компания Figure, которая разработала гуманоидных роботов, способных автономно выполнять задачи, традиционно выполняемые людьми. Роботы способны учиться, наблюдая за действиями человека, формировать модели их выполнения и воспроизводить их в автономном режиме (Blain, 2024). Аналогично компаниям Tesla и Agility, Figure сосредоточила свои усилия на создании полноразмерных автономных гуманоидов, которые могут адаптироваться к различным рабочим средам и потенциально выполнять любые задачи, характерные для человеческого труда. После 10 часов изучения видеоматериалов робот Figure освоил соответствующие действия, которые сохраняются в его библиотеке автономных навыков. Эти навыки одного робота будут фактически моментально переданы другим роботам Figure, работающим в единой системе, что для сферы образования, а именно накопления и распространения данных и информации является системным и радикальным прорывом.

Следует отдельно рассмотреть, как и благодаря чему роботы так быстро учатся. Это все происходит благодаря тому, что роботы подключены к крупным сетям *Интернета вещей* (IoT), и при взаимодействии с реальным миром – с людьми, с другими роботами, или при выполнении своих задач – они служат точками сбора данных и освоения навыков для последующего обучения нейронной сети. Ключевой характеристикой IoT является его способность подключать к интернету физические объекты (или «вещи»), такие как транспортные средства, экраны, кардиостимуляторы, электродвигатели и многое другое (Panicker, 2022). Оценка внешних факторов окружающей среды и передача информации осуществляется с помощью датчиков, установленных на вещи. Датчики могут измерять чрезвычайно широкий спектр параметров и факторов, например, площадь, скорость, температуру, условия использования, сбои, стресс и т. д. (Borgia, 2014).

IoT позволяет осуществлять цифровой мониторинг или управление физическим миром, соединяя цифровой и физический мир между собой. Это происходит следующим образом: датчики отслеживают такие вещи, как температура или движение, или любые изменения в окружающей среде; исполнительные механизмы получают сигналы от датчиков, а затем реагируют на сообщенные изменения; датчики и исполнительные механизмы взаимодействуют с вычислительными системами (компьютерами) через проводные (например, Ethernet) или беспроводные (например, Wi-Fi или сотовая связь) сети; компьютеры отслеживают или управляют состоянием и действиями подключенных объектов и машин. Таким образом, постоянная связь, которую обеспечивает IoT, в сочетании с данными и аналитикой, открывает новые возможности для компаний по внедрению инновационных продуктов и услуг, а также повышению операционной эффективности.

На сегодня устройства IoT используются в следующих областях:

- Устройства могут быть прикреплены или имплантированы в тело человека, включая носимые или проглатываемые устройства, которые контролируют или поддерживают здоровье, помогают в лечении таких заболеваний, как диабет и другие;
- Владельцы домов могут устанавливать такие устройства, как домашние голосовые помощники, автоматические пылесосы или системы безопасности;
- Устройства могут быть установлены в магазинах, банках, ресторанах и на аренах для упрощения самостоятельной оплаты, расширения ассортимента товаров в магазине или оптимизации запасов;
- Приложения IoT в зданиях и офисах могут включать управление энергопотреблением или безопасность зданий;
- В таких условиях, включая производственные предприятия, больницы или фермы, приложения IoT обычно направлены на повышение эффективности работы или оптимизацию использования оборудования.
- В индивидуальных условиях, например, в горнодобывающей промышленности, строительстве или разведке и добыче нефти и газа, приложения IoT могут использоваться в профилактическом обслуживании или в усилиях по охране труда и технике безопасности
- Интернет вещей может помочь с обслуживанием на основе состояния, проектированием на основе использования или предпродажной аналитикой для транспортных средств, таких как автомобилей и грузовиков, кораблей, самолетов и поездов.
- Приложения IoT могут использоваться для адаптивного управления в городах: дорожным движением, интеллектуальных счетчиков, мониторинга окружающей среды;
- В условиях на открытом воздухе, таких как железнодорожные пути, автономные транспортные средства или навигация в воздухе, приложения IoT могут включать маршрутизацию в реальном времени, подключенную навигацию или отслеживание отправок.

Для эффективного использования потенциала IoT сегодня активно создаются платформы, обеспечивающие создание и управление приложениями, запуск аналитики, а также хранение и защиту данных. Эти платформы выполняют широкий спектр задач в фоновом режиме, оптимизируя процессы, снижая затраты и упрощая эксплуатацию. Одной из ключевых функций платформ является решение

проблем, связанных с подключением и извлечением данных с различных удалённых и труднодоступных устройств, зачастую находящихся в местах с нестабильной связью. Благодаря поддержка устройств и систем IoT искусственным интеллектом и методами машинного обучения постепенно появляется возможность анализа данных и принятия решений в режиме реального времени, что, в конечном итоге, способствует переходу от контролируемой к полностью автономной и автоматизированной реализации процессов.

Выводы. Четвёртая промышленная революция, характеризующаяся интеграцией физических активов с передовыми цифровыми технологиями, такими как искусственный интеллект, Интернет вещей (IoT), робототехника и аддитивные технологии, оказывает трансформирующее воздействие на глобальную экономику и социальные структуры. Происходит постепенное стирание границ между физической, цифровой и биологической сферами, что создаёт новые формы взаимодействия и производственных процессов.

Виртуальная реальность (VR), являясь одной из ключевых технологий, находит применение в различных секторах, включая образование, профессиональную подготовку, архитектуру, дизайн и маркетинг. Особенно заметно её влияние на разработку виртуальных сред, предназначенных для моделирования опасных ситуаций и визуализации проектов, что повышает качество обучения и проектирования. Виртуальная реальность также способствует появлению концепции мета-вселенных, которые могут стать следующим этапом в эволюции цифровой экономики и социальных взаимодействий.

Развитие робототехники также является значимым аспектом Четвёртой промышленной революции, особенно в контексте автоматизации рутинных задач. Гуманоидные роботы и платформы искусственного интеллекта для их обучения постепенно становятся важной частью производственных процессов и обслуживания, что повышает производительность и снижает операционные затраты. Появление роботов, способных обучаться на основе наблюдения за человеком и самостоятельно выполнять сложные задачи, ускоряет процесс роботизации и расширяет её применение за пределы традиционной промышленности.

Интернет вещей, обеспечивая подключение физических объектов к интернету, играет ключевую роль в мониторинге и управлении физическими процессами в реальном времени. Применение IoT охватывает широкий спектр отраслей, таких как здравоохранение, промышленное производство, домашняя автоматизация и городская инфраструктура. Объединение IoT с технологиями ИИ и машинного обучения способствует сбору и анализу данных для повышения эффективности процессов и разработки инновационных решений.

Интеграция этих технологий в рамках Четвёртой промышленной революции создаёт предпосылки для кардинальных изменений в организации труда, управления, обучения и взаимодействия между людьми и машинами, способствуя тем самым повышению эффективности, снижению затрат и созданию новых бизнес-моделей. Несмотря на явные преимущества автоматизации и цифровизации, человеческий фактор остаётся важным, особенно в сферах, требующих эмоционального интеллекта, личного взаимодействия, способности принимать нестандартные решения и решать сложные проблемы.

2.2. Искусственный интеллект: аспекты, инвестиции, синергия

Генеративный и аналитический искусственный интеллект: особенности работы и применения

Искусственный интеллект представляет собой программные системы, способные выполнять широкий спектр функций, начиная от организации сложных рабочих процессов и координации взаимодействий между агентами, до применения логики и принятия решений. ИИ разрабатывается с целью расширения когнитивных возможностей человека и использования его в качестве инструмента для повышения эффективности в различных сферах деятельности. В ряде случаев ИИ превосходит человека в выполнении задач, требующих вычислительных или аналитических способностей, например,

при проведении вероятностных расчётов или выполнении математических операций. В других случаях ИИ способен справляться с задачами, недоступными для человека, такими как обработка огромных массивов данных, например, содержащихся на миллиардах веб-страниц, что невозможно для биологического интеллекта.

По причине высокого потенциала новой технологии ИИ, крупные мировые предприятия инвестировали около 15 миллиардов долларов на решения генеративного ИИ в 2023 году (уже в первый год после выхода GPT от компании OpenAI в ноябре 2022 года), что составляет около 2% мирового рынка корпоративного программного обеспечения. Для последней крупной трансформации отрасли — программное обеспечение как услуга (SaaS) — потребовалось четыре года, чтобы расходы предприятий достигли той же отметки доли рынка (Schneider, 2024).

В отличие от человека, способного быстро адаптироваться к новым видам деятельности и решать незнакомые задачи, ИИ требует либо точной настройки, либо обучения для каждого конкретного навыка на основе большого объема данных. Ввиду сложности моделей поведения и разнообразия объектов окружающего мира, обучение ИИ требует значительных ресурсов и времени. Подобно человеку, ИИ оперирует ограниченным набором знаний, актуальных данных и опыта, зафиксированных в его архитектурных элементах. Несмотря на способность генеративного ИИ создавать новые смыслы, например, с помощью архитектуры «Трансформер», результат таких генераций может варьироваться от полезных открытий до бессмысленных выводов, что требует участия человека-эксперта для проверки и оценки их значимости.

На сегодняшний день в практике разработки ИИ выделяются два основных направления: генеративный ИИ и аналитический ИИ, каждое из которых обладает уникальными функциями и областями применения. Далее рассмотрим каждый вариант более подробно.

Генеративный искусственный интеллект представляет собой технологию, ориентированную на создание различных видов контента — текстов, программного кода, изображений, музыки и других типов данных — в ответ на запросы пользователей. Его внедрение способствует автоматизации процессов, связанных с разработкой оригинального контента, что значительно ускоряет выполнение задач и оптимизирует профессиональные рабочие процессы. Генеративный ИИ активно используется в таких областях, как создание текстов, программное обеспечение, математические вычисления и анализ данных (Basole, 2024). Применение данной технологии в корпоративной среде уже позволило существенно сократить временные и финансовые издержки на выполнение рутинных операций, а также повысить эффективность взаимодействия с клиентами и внутриорганизационными процессами.

Ключевую роль в этих процессах играют агенты генеративного ИИ, которые не только решают стандартные задачи, но и предоставляют комплексные услуги, повышая эффективность работы и способствуя цифровизации основных бизнес-процессов (Koginek, 2023). Одним из наиболее значимых преимуществ данной технологии является её способность создавать контент, качество которого приближается к уровню экспертов. Например, генеративные модели применяются для автоматизации описаний товаров на платформах электронной коммерции, таких как Amazon, и для создания SEO-оптимизированных текстов, что способствует улучшению видимости веб-ресурсов в поисковых системах.

В сфере клиентского обслуживания внедрение алгоритмов ИИ, обладающих функцией краткосрочной и долгосрочной памяти, привело к значительным улучшениям. Эти алгоритмы позволяют ИИ-агентам персонализировать взаимодействие с клиентами, запоминая их предпочтения и предоставляя адаптированные решения. В качестве примера можно привести цифровых помощников по продажам, которые сопровождают клиента на всех этапах принятия решений, предоставляя детализированную информацию о продуктах и их сравнительные характеристики. Эти системы запоминают контекст взаимодействий, что позволяет клиентам продолжать процесс после его временного прерывания.

Даже в тех случаях, когда клиенты не готовы к прямому взаимодействию с ИИ, агенты генеративного ИИ способны сохранять историю взаимодействий и предоставлять рекомендации операторам-

человекам относительно оптимальных способов ведения диалога, будь то урегулирование конфликтов или поддержка продаж. Таким образом, генеративный ИИ не только автоматизирует множество задач в сфере обслуживания, но и повышает качество предоставляемых услуг за счёт персонализации.

Генеративный ИИ активно используется в корпоративном обучении, что позволяет существенно сократить время адаптации новых сотрудников за счёт доступа к обширным базам данных с успешными сценариями и решениями. Более того, когда «клиентом» технологии ИИ есть сотрудник, искусственный интеллект может значительно повысить ценность организации, автоматизируя внутренние системы управления знаниями. Это дает возможность командам быстро получать доступ к релевантной информации, что ускоряет процесс принятия решений на основе предыдущего опыта лучших специалистов, работавших в компании. Одним из ключевых преимуществ является сохранение институциональных знаний, которые старшие сотрудники накапливают за время работы. Проведение интервью с такими сотрудниками перед их выходом на пенсию позволяет внести эти знания в систему на основе больших языковых моделей (LLM), обеспечивая их доступность для будущих поколений работников. Таким образом, ИИ не только помогает автоматизировать процессы управления знаниями, но и сохраняет и приумножает интеллектуальный капитал компании.

Генеративный ИИ также демонстрирует свою эффективность в таких отраслях, как фармакология, медицина, образование и маркетинг (Dimitrieska, 2024; Felix, 2024; Herrero, 2024). Прогнозируется, что его использование расширится на более сложные задачи, включая поддержку холодных звонков для увеличения продаж и комплексное сопровождение клиентов на всех стадиях принятия решений. Ожидается, что массовое внедрение генеративного ИИ приведет к значительному снижению затрат на обслуживание и улучшению клиентского опыта.

Одним из ключевых преимуществ генеративных ИИ-агентов является их способность автоматизировать сложные сценарии с высокой вариативностью входных данных и результатов. Машинное обучение, лежащее в основе этих систем, позволяет им улучшать производительность на основе накопленного опыта без необходимости явного программирования (Sathya, 2022). Это делает их особенно полезными в тех случаях, когда традиционные алгоритмы оказываются неэффективными из-за сложности или изменчивости паттернов. Такие сценарии ранее были слишком сложными и трудозатратными для автоматизации.

Генеративные ИИ-агенты демонстрируют способность справляться с непредсказуемыми сценариями, которые требуют гибкости и адаптации в реальном времени. В отличие от линейных процессов с четко определёнными шагами, которые легко автоматизируются с помощью систем на основе правил, многие бизнес-процессы включают неожиданные изменения, требующие нестандартных решений. Традиционные системы правил часто оказываются «хрупкими» и неспособными справиться с ситуациями, не предусмотренными разработчиками. ИИ-агенты, основанные на генеративных моделях, способны адаптироваться к таким обстоятельствам, эффективно решая задачи с высокой степенью вариативности.

Ещё одно значимое преимущество генеративных ИИ заключается в возможности управления через естественный язык. Современные системы автоматизации требуют перевода бизнес-процессов в наборы правил и код, что является трудоёмким и дорогостоящим процессом, требующим специальных технических знаний. Генеративные ИИ-агенты, напротив, используют естественный язык для кодирования сложных рабочих процессов, что значительно упрощает этот процесс и делает его доступным даже для специалистов, не обладающих глубокими техническими навыками. Это облегчает интеграцию экспертизы и сотрудничество между командами.

Способность генеративного ИИ к обработке и использованию естественного языка объясняет резкий рост его потенциала в автоматизации. Около половины всех видов деятельности, выполняемых в экономике, требуют хотя бы среднего уровня понимания естественного языка. Это делает возможным автоматизацию большого количества задач, связанных с общением, контролем, документированием и взаимодействием с людьми (Chui, 2024). В результате, такие профессии, как образование и

технологии, где значительная часть работы связана с взаимодействием, обладают высоким потенциалом для автоматизации с использованием генеративного ИИ, что ускоряет трансформацию этих сфер. Тем не менее, его воздействие на физическую работу остаётся ограниченным, поскольку основной акцент данной технологии направлен на когнитивные задачи. Таким образом, генеративный ИИ окажет наибольшее влияние на интеллектуальные виды деятельности, такие как принятие решений и сотрудничество, которые ранее считались наименее подверженными автоматизации. Согласно оценкам McKinsey, потенциал автоматизации задач, связанных с применением человеческого опыта, увеличился на 34 процентных пункта, в то время как автоматизация функций управления и развития талантов возросла с 16% в 2017 году до 49% в 2023 году (Chui, 2024).

Аналитический ИИ. Современные технологии искусственного интеллекта включают не только широко известные модели LLM, но и аналитический ИИ, который доказал свою ценность для оптимизации бизнес-процессов и улучшения принятия решений. Однако, в период 2023-2024 годов наблюдается тенденция к перераспределению бюджетов и инвестиций в пользу генеративного ИИ, несмотря на то, что экономическая оправданность большинства проектов его внедрения остаётся под вопросом (Amorim, 2024). Такая стратегия может негативно сказаться на инициативах, направленных на создание и увеличение ценности в других сферах деятельности компаний.

В отличие от генеративного ИИ, аналитический ИИ ориентирован на выполнение задач, связанных с обработкой и анализом больших объемов данных. Такие алгоритмы машинного обучения (МО) эффективно классифицируют, сегментируют и прогнозируют данные, что позволяет компаниям значительно оптимизировать свои бизнес-процессы. Они это делают точнее и быстрее чем люди, в чем и состоит их основная ценность. В частности, аналитический ИИ незаменим для сегментации клиентов, анализа настроений и прогнозирования продаж, где необходимо быстрое и точное принятие решений на основе многомерных данных.

Примером успешного использования аналитического ИИ является анализ структуры белков. Модель AlphaFold2 от DeepMind, разработанная в 2021 году, показала высокую точность в предсказании трёхмерных структур неизвестных белков, что сопоставимо с результатами экспериментальных методов (Jumper, 2021; Peng, 2023). Эти технологии уже применяются для скрининга раковых клеток, прогнозирования погодных условий, сортировки миллиардов писем на почте ежедневно, повышения качества медицинской помощи в больницах и многих других направлениях.

Использование аналитического ИИ также помогает организациям автоматизировать сложные процессы, где традиционные алгоритмы демонстрируют свою ограниченность. Например, в бизнес-процессах, связанных с организацией командировок или сложных цепочек поставок, аналитические алгоритмы позволяют с высокой точностью выбирать оптимальные маршруты, бронировать рейсы и отели, управлять программами лояльности и планировать мероприятия.

Кроме того, ИИ-агенты могут взаимодействовать с существующими программными инструментами и платформами. Помимо анализа данных и генерации знаний, они способны использовать цифровые инструменты, взаимодействовать с различными приложениями и источниками информации. Например, ИИ-агенты могут работать с программами для создания графиков и диаграмм, искать информацию в интернете, собирать и анализировать отзывы, а также использовать другие модели ИИ. Это позволяет значительно снизить затраты на ручное управление и интеграцию различных систем.

Перспективы дальнейшего развития ИИ включают создание новых когнитивных режимов, которых в настоящее время не существует в биологических системах. Аналогично тому, как искусственный полет, разработанный на основе биологических аналогов, привел к созданию принципиально новых способов перемещения с использованием неподвижных крыльев и турбин, разработки в области ИИ могут привести к созданию новых типов мышления, не встречающихся в природе. Это могут быть узкоспециализированные когнитивные процессы, разработанные для решения конкретных задач, например, многоступенчатое логическое рассуждение или процессы, применимые исключительно в рамках статистических вычислений.

Эти новые когнитивные способности ИИ способны решать задачи, с которыми человеческий интеллект не может справиться самостоятельно. Некоторые из наиболее сложных проблем в науке и бизнесе могут потребовать двухэтапного подхода: сначала необходимо разработать новый способ мышления, который будет взаимодействовать с человеческим разумом, а затем использовать этот подход для решения исходной проблемы. Хотя такие процессы могут казаться «более интеллектуальными» по сравнению с человеческим мышлением, они скорее представляют собой качественно иные когнитивные подходы. Именно различия в типах мышления человека и ИИ делают ИИ полезным инструментом для решения сложных задач.

Классификации искусственного интеллекта. В настоящее время доминируют несколько технологических гигантов и стартапов, поддерживаемых значительными инвестициями. Некоторые стартапы добились определенных успехов в разработке собственных моделей — Cohere, Anthropic и AI21, среди прочих, создают и обучают свои собственные большие языковые модели (LLM). Не исключено, что большинство крупных компаний захотят разработать собственные LLM и развернуть их на своей архитектуре, в том числе по причинам более высокого уровня безопасности и конфиденциальности данных (Härlin, 2023). В результате с точки зрения глубины интеграции с LLM в процессы компаний можно разделить на два варианта:

- компании используют базовые модели практически так же как их создают разработчики, с минимальными доработками. Такие доработки могут включать в себя создание адаптированного пользовательского интерфейса или добавление руководства и индекса для поиска документов, для помощи моделям лучше понимать типичные запросы клиентов с целью возврата более точного результата;
- существенная адаптация базовых моделей, их точная настройка либо путем дообучения на данных конкретной компании, либо корректировка параметров моделей под конкретные случаи использования моделей. Источниками данных для точной настройки есть: во-первых, информация, собираемая компаниями интеграторами на основе своих прошлых внедрений в текущей отрасли; во-вторых, исторические данные, получаемая от компании, в которой происходит внедрение; в-третьих, данные на основе цепочек обратной связи, основанных на системе рейтингов конечных пользователей, например, «звездной рейтинговой системе» или рейтинговой системе «палец вверх и вниз»

В то время, как для обучения базовых моделей требуется огромные объемы данных, это чрезвычайно дорого и может занять месяцы, точная настройка базовых моделей требует меньше данных, стоит меньше и может быть завершена за несколько дней или недель, что делает ее доступной для многих компаний. По этим же причинам, а также по причине энергоемкости вычислений, в мире ведется работа по созданию моделей меньшего размера, которые могут обеспечить эффективные результаты в решении более простых задач, что в конечном итоге может открыть рынок для большего количества участников.

В середине 2024 года компании Anthropic и Google представили более доступные и менее продвинутое версии своих моделей искусственного интеллекта, ориентированные на разработчиков и корпорации, стремящиеся к гибкости и экономии ресурсов. Эти менее мощные модели ИИ сохраняют способность автоматизировать различные задачи, такие как подготовка сводок документов или создание предварительно отформатированных электронных писем для продавцов. Многие организации предпочитают такие упрощенные версии, поскольку не нуждаются в более сложных моделях для выполнения комплексных задач и, соответственно, не хотят оплачивать их высокую стоимость. Например, компания Superhuman использует GPT-4o mini для автоматической генерации ответов на сообщения, а стартап Ramp, работающий в финансовой сфере, применяет эту модель для извлечения информации из сканируемых пользователями квитанций (Kubera, 2024).

Согласно McKinsey, выделяют четыре ключевых архетипа, или сферы применения искусственного интеллекта (Ellencweig, 2024):

- Генерация кода: Сюда входят инструменты, повышающие производительность разработки программного обеспечения, а также помощники, оптимизирующие код и осуществляющие контроль качества.

- Генерация контента: Включает создание текстов, музыки и изображений.
- Человеческое взаимодействие: Использование ботов или агентов для создания нового опыта в области обслуживания клиентов, продаж или поддержки сотрудников в таких функциях, как финансы и управление персоналом.

- Виртуальный работник знаний: ИИ, который может обобщать и извлекать ключевые идеи из больших объемов данных, включая неструктурированные источники информации.

С точки зрения развития экспертизы внутри компании, которая необходима для проектов внедрения ИИ, можно выделить такие варианты:

- Повышение квалификации собственной команды;
- Воспользоваться существующими партнерами-поставщиками ПО, так как ожидается, что существующие поставщики услуг ПО будут развиваться в области генеративного ИИ;
- Как и в случае с классическим ИИ, могут появиться специализированные услуги генеративного ИИ, которые помогут другим компаниям разобраться в новых бизнес-возможностях и технических сложностях до того, как они накопят свой опыт. Нишевые игроки могут выйти на рынок со специальными знаниями для применения генеративного ИИ в рамках конкретной функции (например, как применять генеративный ИИ в рабочих процессах обслуживания клиентов), или в отрасли (например, консультирование фармацевтических компаний по использованию генеративного ИИ для разработки лекарств).

Классификация по вариантам интеграции в ИТ инфраструктуру компании. С точки зрения вариантов интеграции в существующую ИТ инфраструктуру компании есть несколько вариантов для ИИ (Schneider, 2024):

- Доработка корпоративных программных решений, которые уже есть в компании. Внедрение генеративного ИИ в существующие продукты может улучшить качество и повысить производительность традиционного программного обеспечения, например, используемого для управления взаимоотношениями с клиентами (CRM), управления HR и человеческим капиталом, внедрение интерфейсов на естественном языке для сотрудников или клиентов, а также запуск агентских вторых пилотов для существующих бизнес-процессов.

- Инновации и новые продукты. Генеративный ИИ имеет потенциал для ускорения разработки нового программного обеспечения. В первую очередь это касается создания ИИ для специфических отраслевых задач и вертикальных рабочих процессов, таких как, например, разработка лекарств или создание новых материалов, где требуется значительная отраслевая экспертиза и специализированные решения.

- Создание внутренние решения на основе ИИ для повышения производительности и уменьшения ошибок в работе человеческого ресурса. Крупные предприятия могут выделить больше ресурсов на разработку внутренних решений на основе ИИ, а именно для автоматизации процессов, специфичных для компании, например, для автоматизации определенных процессов бэк-офиса или создания агентов знаний, которые помогут сотрудникам быстро получать доступ к данным или информации компании.

Классификация по выгодополучателю. При разработке решений на базе ИИ важно учитывать, кто является конечным клиентом продукта, что является важным аспектом бизнес-модели. Клиентом может быть либо внешний пользователь, либо сотрудник компании. В результате ИИ можно классифицировать по выгодополучателю. Так, если компания получает дополнительную прибыль за качество клиентского обслуживания, то замена людей на ИИ-агентов может нести риски для сохранения этого уровня качества. В таких случаях целесообразно сосредоточиться на разработке ИИ-продукта для сотрудников, который будет накапливать лучшие практики и решения, становясь «вторым пилотом» для сотрудника при взаимодействии с клиентами и предоставляя улучшенный клиентский опыт.

Синергия искусственного интеллекта и человека

Как было ранее в прошлых промышленных революциях, на ранних этапах долгосрочные эффекты технологий были недооценены, тогда как краткосрочные эффекты переоценены, что безусловно влияет на уровень ожиданий и реальную отдачу от проектов по развертыванию ИИ. Организации стремятся к быстрому получению результатов от применения ИИ, однако они не всегда готовы или даже

не понимают связь между эффектом от технологии и соответствующие инвестициями в собственную трансформацию, а именно в методы управления данными, модернизацию технологической инфраструктуры, организационные изменения и персонал. В долгосрочной перспективе, чтобы по-настоящему воспользоваться преимуществами ИИ, следует учитывать, как его внедрение повлияет на клиентский опыт, так и на сотрудников. Интеграция людей и ИИ в среднесрочной перспективе имеет гораздо больший эффект, чем разработка автономных вариантов использования сотрудников людей и ИИ по отдельности.

Интеграция аналитического ИИ, моделей LLM и сотрудников может значительно повысить ценность продуктов и технологий, предлагаемых организациями. Например, можно строить прогнозы, основываясь как на существующих аналитических данных, так и на сгенерированных LLM сценариях обслуживания клиентов, которые могут включать анализ неструктурированной информации о поведении клиентов, или создавать персонализированные предложения. На начальных этапах внедрения ИИ сотрудники могут использовать его для получения сводной информации о предыдущих взаимодействиях с клиентом, уточнения ответов на вопросы и проверки доступности продуктов или скидок для конкретного клиента.

В более продвинутых сценариях применения ИИ можно интегрировать его в телефонные или другие электронные взаимодействия, где ИИ будет в режиме реального времени предлагать сотрудникам действия, продукты или стратегии, исходя из развивающегося разговора. ИИ также способен автоматически определять, выходит ли разговор за рамки политики компании, проводить оценку качества обслуживания в процессе взаимодействия и своевременно инициировать вмешательство руководителя для предотвращения негативного впечатления клиента ещё до его формирования.

В ценообразовании и управлении маржой аналитические ИИ-модели позволяют проводить микросегментацию клиентов и генерировать рекомендации по ценообразованию, опираясь на исторические данные о готовности клиентов платить, покупать или продавать. Генеративный ИИ, в свою очередь, может отслеживать изменения спроса, предложения и нормативной среды в режиме реального времени для оперативной корректировки этих ценовых рекомендаций. В сфере продаж генеративный ИИ может выступать в роли «второго пилота», формируя персонализированные сценарии продаж для отдельных клиентов и синтезируя уникальные ценностные предложения продуктов, учитывая индивидуальные потребности каждого клиента. Аналитический ИИ, параллельно, извлекает структурированные данные о транзакциях, помогая торговым представителям определять приоритеты и выбирать наиболее эффективные дальнейшие шаги.

Генеративный ИИ также может быть использован для создания персонализированного и актуального маркетингового контента, основываясь на истории взаимодействий с клиентом, тогда как аналитический ИИ разрабатывает и оценивает целевые предложения на основе анализа стоимости. Такие подходы позволяют снизить затраты на создание маркетингового контента, одновременно повышая доходы за счёт увеличения конверсии лидов и более точной идентификации целевых клиентов.

Еще одним примером синергетического эффекта от сочетания аналитического и генеративного ИИ является создание ценности по всей цепочке добавленной стоимости в сельском хозяйстве. Данное сочетание может обеспечить значительный экономический эффект в двух ключевых направлениях: во-первых, увеличение отдачи с земли за счет улучшения экономических показателей фермерского хозяйства, таких как затраты на рабочую силу и ресурсы, а также повышение урожайности (оценка эффекта — 100 миллиардов долларов); во-вторых, для агропромышленных предприятий, за счет увеличения продаж, производительности и операционной эффективности (оценка эффекта — 150 миллиардов долларов) (Nuscheler, 2024). Сельское хозяйство особенно хорошо приспособлено для внедрения этих технологий, благодаря наличию больших объемов неструктурированных данных, таких как геопространственные сведения и погодные условия, а также высокой зависимости от труда, сложной логистики цепочки поставок, длительных циклов НИОКР и значительного количества фермеров, заинтересованных в недорогих решениях.

Примером такого сценария интеграции является ситуация, в которой генеративный ИИ создает тестовые сценарии, синтезируя миллионы данных о погодных условиях, состоянии почвы, давлении вредителей и болезней, а аналитические ИИ-модели используют эти данные для моделирования вариантов повышения урожайности. Совместное использование этих технологий может повысить эффективность, снизить затраты и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду для всех участников сельскохозяйственного процесса. Дополнительную ценность можно получить за счет сокращения затрат на рабочую силу через внедрение автономных решений, что снизит зависимость от человеческого фактора в ряде операций и процессов.

Другой пример использования заключается в том, что генеративный ИИ формулирует начальные гипотезы, осуществляя анализ патентов и научных публикаций на естественном языке, либо сканируя большие наборы геномных данных для предложения целевых последовательностей инноваций в сфере сельскохозяйственных культур. Аналитический ИИ, обученный на данных конкретных модальностей, таких как геномные, протеомные или данные о малых молекулах, затем помогает расставить приоритеты среди этих гипотез на основе ключевых характеристик конечного продукта, таких как устойчивость к засухе или вредителям для генетически модифицированных культур, либо улучшенная эффективность и экологическая устойчивость пестицидов.

Эти этапы интегрируются в активный цикл, при котором модели ИИ предлагают гипотезы для лабораторного тестирования, а полученные экспериментальные данные используются для оптимизации следующего цикла исследований и разработок, ускоряя процесс самосовершенствования инноваций. Таким методом расширение интеллектуальных возможностей человека посредством автоматизации и робототехники привело к значительному росту производительности фармакологии. Так, интеллектуальное производство в разработке лекарств привело к сокращению цикла разработки и сокращению количества ошибок в нем. (Hemamalini et al., 2024);

Искусственный интеллект уже внес значительный вклад в ускорение исследований в области материаловедения, потенциально сэкономив сотни лет традиционной экспериментальной работы. Подходы, основанные на ИИ, произвели революцию в обнаружении и характеристике материалов в различных областях. Например, нейронная сеть Deep AndersonNN достигла значительного ускорения процессов обучения и вывода при решении задач классификации материалов, что позволило потенциально снизить вычислительные затраты до 90% (Dajani & Keyes, 2024). В области электрохимического хранения энергии ИИ способствовал инновациям в проектировании батарей, топливных элементов и суперконденсаторов, повысив их производительность, долговечность и безопасность (Liu, 2024). Таким образом, общая тенденция предполагает значительную экономию времени и повышение эффективности процессов открытия и характеристики материалов, а интеграция ИИ с традиционными экспериментальными и вычислительными методами, несомненно, ускорила темпы инноваций в материаловедении, потенциально экономя годы или даже десятилетия исследовательского времени.

Потенциал революции информации: искусственный интеллект как катализатор глобальных изменений

Благодаря технологиям искусственного интеллекта происходит радикальное и беспрецедентное увеличение объема и усложнение информации. Данный процесс осуществляется в рамках модели генеративного ИИ, посредством ее обучения: пользователи оценивают качество получаемых результатов, и эта информация возвращается в модель, обеспечивая ее дополнительными «данными», которые используются для генерации новых результатов. В результате как увеличения объема информации, так и повышения ее качества увеличивается количество новых пользователей, а также количество оставляемых обратных связей, что создает цикл радикального роста объема информации.

На основе тенденций последних двух лет, начиная с запуска GPT-3.5 в ноябре 2022 года, представляется возможным определить потенциальные направления роста и усложнения информации, обусловленные развитием технологий искусственного интеллекта. Эти предположения могут показаться

смелыми, а в некоторых случаях радикальными, однако с учетом закона Мура и экспоненциального роста технологий (Quinn, 2014), можно прогнозировать значительное влияние ИИ на индустрию развлечений и бытовые процессы, что способно кардинально трансформировать киноиндустрию, образовательные системы и множество других сфер.

Одной из перспективных возможностей является создание видеоконтента, когда авторы на платформах, таких как YouTube, смогут самостоятельно создавать фильмы — начиная с короткометражных и постепенно переходя к полнометражным проектам. Это может привести к снижению влияния традиционных онлайн-кинотеатров, поскольку их контент часто ограничен рамками определенной повестки. В то же время, персонализированный подход к созданию кинофильмов с использованием ИИ позволит адаптировать их к индивидуальным предпочтениям зрителей, что станет важным шагом в развитии массовых и нишевых аудиторий.

Предполагается, что развитие технологий искусственного интеллекта приведет к появлению множества авторских фильмов, созданных талантливыми режиссерами, которые ранее не имели возможности пробиться в Голливуд. Это может способствовать формированию новой профессии — фильмомейкера, аналогичной современному контентмейкеру. В свою очередь, прогресс в области технологий компьютерной графики может привести к исчезновению ряда профессий, связанных с этой сферой. Производство фильмов может стать таким же доступным, как написание книг, которые также будут создаваться с использованием ИИ.

В перспективе могут появиться полностью персонализированные фильмы, создаваемые на основе личных данных и предпочтений конкретных пользователей, что обеспечит интерактивность в кинематографе, позволяя изменять сюжет в зависимости от предпочтений зрителя. Такие фильмы могут стать важным шагом к постепенному переходу из реального мира в виртуальный, где каждый сможет реализовать свои фантазии и мечты, недостижимые в действительности. Этот процесс может также оказать значительное влияние на образовательную сферу. Персонализированные экранизации любых литературных произведений могут стать важным инструментом обучения, где роль учителя будет заключаться в акцентировании внимания на ключевых аспектах экранизированных произведений в рамках образовательных стандартов и государственной программы.

Видеоигры также могут претерпеть значительные изменения благодаря развитию технологий искусственного интеллекта, предоставляя игрокам возможность создавать и модифицировать элементы игры в реальном времени. Основное внимание будет уделено разработке логики и общих правил, что повысит уровень интерактивности и персонализации игрового процесса. В дальнейшем возможно, что взаимодействие с компьютером станет настолько интуитивным, что программирование перестанет быть необходимым для большинства пользователей. Это кардинально изменит методы создания веб-сайтов и приложений, что, в свою очередь, может либо сократить рынок программного обеспечения, либо привести к его модернизации. Интерфейсы станут более интерактивными и интуитивными, с упрощением до нескольких базовых, часто используемых команд. Такой подход не только повысит доступность технологий для широкой аудитории, но и упростит процесс создания цифровых продуктов, трансформируя роль программистов и разработчиков в условиях новых технических возможностей.

Ожидается радикальное улучшение качества медицинского обслуживания, включая разработку новых лекарственных препаратов, более точные диагностические методы и расширение доступа к медицинским услугам для людей, которые ранее не имели таких возможностей. Нейросети, вероятно, смогут в режиме реального времени расшифровывать электроэнцефалограммы, что откроет путь к передаче визуальных образов без необходимости использования слов, начиная с простых структур и постепенно усложняя их. С развитием интерфейсов "мозг-компьютер" появляется перспектива невербального общения, которое по своей природе может напоминать телепатию. В обозримом будущем это может привести к практически неограниченному общению, когда человек будет достаточно владеть только одним языком для взаимодействия с другими. При дальнейшем развитии технологий возможно появление интерфейсов, позволяющих осуществлять коммуникацию не только

между людьми, но и с животными, что откроет новые горизонты в понимании их восприятия мира и, возможно, в создании средств эффективного взаимодействия между различными биологическими видами.

Качество образования может значительно улучшиться благодаря доступу к лучшим преподавателям и персонализированным учебным программам, что обеспечит более эффективное развитие когнитивных способностей учащихся. В дополнение к этому, использование генной инженерии может привести к целенаправленному улучшению когнитивных функций человека, что в перспективе способно способствовать эволюции нового вида людей. Однако через несколько десятилетий все виды умственной деятельности могут оказаться под угрозой замещения искусственным интеллектом, так как этот процесс будет развиваться поэтапно: сначала замена физического труда, затем офисного, и, наконец, интеллектуального и творческого.

Парадокс Моравека (Kalaivani, 2023), согласно которому сложные задачи, такие как логическое мышление или игра в шахматы, эффективно решаются компьютерами, тогда как простые, с точки зрения человека, задачи остаются трудными для машин, подтверждает необходимость переосмысления современных экономических моделей, ориентированных на креативность. В условиях растущего влияния ИИ такие модели могут требовать пересмотра основ, на которых построены творческие и интеллектуальные профессии.

Развитие технологий в области материаловедения также обещает выйти на новый уровень, с появлением 3D-принтеров, способных печатать практически любые предметы. Эти устройства постепенно могут стать обыденностью в каждом домохозяйстве, что приведет к значительному снижению потребности в массовом производстве однотипных товаров. Более того, 3D-печать откроет возможности для решения проблем утилизации отходов: устаревшие изделия будут перерабатываться в порошок для использования в новых производственных циклах, тем самым минимизируя экологический ущерб и оптимизируя потребление ресурсов.

Прорывы в области прогнозирования климатических изменений могут способствовать замедлению негативных экологических тенденций, позволяя более точно предсказывать и предотвращать катастрофические последствия глобального потепления. Поточковые видеоданные с камер, работающих в режиме реального времени, могут значительно снизить уровень уличной преступности, обеспечивая оперативное выявление и задержание преступников, что повысит уровень общественной безопасности.

Кроме того, ожидается, что ИИ-агенты смогут начать самостоятельно писать и улучшать свой собственный код, что станет для них процессом самосовершенствования, аналогичным тому, как занятия спортом помогают человеку улучшать свою физическую форму. Этот процесс может включать использование методов "красных команд", которые направлены на выявление уязвимостей в моделях ИИ с помощью других ИИ. Такое взаимодействие между искусственными системами открывает новые перспективы для будущих разработок, ускоряя процесс эволюции ИИ и обеспечивая его большую устойчивость и эффективность в решении сложных задач.

Выводы. Генеративный и аналитический ИИ представляют собой два ключевых направления в развитии искусственного интеллекта, каждое из которых выполняет уникальные функции и находит широкое применение в бизнесе. Генеративный ИИ специализируется на создании контента, что способствует автоматизации рутинных задач, таких как маркетинг и программирование, а также обладает уникальной способностью адаптироваться к нестандартным ситуациям и решать задачи, требующие гибкости и быстрого принятия решений. В отличие от традиционных систем, основанных на правилах, генеративные модели демонстрируют высокую вариативность при обработке входных данных, что особенно актуально в условиях быстро меняющегося бизнес-ландшафта.

С другой стороны, аналитический ИИ отвечает за глубокий анализ данных и принятие обоснованных решений на основе этих данных. Ярким примером служит успех модели AlphaFold2 в области предсказания структур белков, что открыло новые горизонты в медицине и биологии. Аналитический ИИ является незаменимым инструментом для решения задач, требующих точности и скорости обработки больших объемов данных. При этом важно учитывать баланс между развитием генеративного

и аналитического ИИ, так как смещение ресурсов в сторону одного направления может ограничить возможности другого. Интеграция этих технологий обеспечивает максимизацию их потенциала, позволяя компаниям повышать производительность и снижать затраты.

Риски и вызовы в условиях развития ИИ становятся очевидными. Развитие ИИ приводит к угрозе замещения традиционных профессий, особенно тех, которые требуют креативности и умственной деятельности. Это требует переосмысления современных экономических моделей и выработки новых стратегий по управлению взаимодействием человека и ИИ. Синергетическое взаимодействие человека и ИИ становится важным элементом современной экономики, где ИИ не только выполняет рутинные задачи, но и поддерживает человека в решении сложных когнитивных задач.

Развитие генеративного и аналитического искусственного интеллекта приводит к радикальному увеличению объёма и сложности информации, что открывает новые возможности для автоматизации рутинных задач и принятия более точных решений на основе анализа больших данных. Существующий в 2024 году объём информации выражается числами с 22 нулями, и продолжает расти. Ожидается, что к 2040 году глобальные цифровые данные достигнут объёма в 3×10^{24} бит в результате экспоненциального роста (Panda, 2018).

Дальнейшее развитие как генеративного, так и аналитического ИИ открывает перспективы для создания новых когнитивных режимов, не имеющих биологических аналогов. Эти технологии способны выполнять задачи, недоступные человеческому интеллекту, что расширяет границы научных исследований и бизнес-процессов. Технологии искусственного интеллекта находят широкое применение в таких отраслях, как здравоохранение, образование и развлекательная индустрия, что способствует инновациям и появлению новых профессий. Однако, несмотря на значительный прогресс, необходима постоянная экспертная оценка работы ИИ со стороны человека для обеспечения точности его работы и минимизации рисков ошибочных решений.

2.3. Влияние искусственного интеллекта на эволюцию человеческих ресурсов предприятий

Расширение человеческих возможностей: от физической поддержки до когнитивного партнёрства

На протяжении первых двух индустриальных революций происходило усиление физических возможностей человека. Паровой двигатель, который нашел применение в подъемных кранах и локомотивах, на несколько порядков увеличил возможности поднятия и перемещения грузов (Nuvolari, 2006); автомобиль на порядок увеличил скорость передвижения; электричество дало возможность создания новых промышленных отраслей и трансформацию существующих (Bose, 1993). Технологии меняли анатомию труда на протяжении десятилетий. На протяжении многих лет машины наделяли рабочих-людей различными «сверхспособностями»; например, машины индустриального века позволили работникам выполнять физические задачи, выходящие за рамки возможностей их собственного тела. Третья индустриальная революция усилила интеллектуальные возможности человека. От калькулятора до персонального компьютера и телефона, интернет, который объединил знания и данные подавляющей части населения Земли. Совсем недавно компьютеры позволили работникам умственного труда выполнять расчеты, на выполнение которых вручную ушли бы годы.

Приведённые примеры демонстрируют, как технологии могут повысить эффективность трудовой деятельности за счёт автоматизации отдельных операций, которые в противном случае пришлось бы выполнять сотрудникам вручную. На концептуальном уровне внедрение генеративного ИИ может следовать аналогичной схеме в современном рабочем процессе, хотя виды деятельности, подверженные влиянию данной технологии, и категории профессий, претерпевающих изменения в результате её применения, вероятно, будут отличаться от тех, на которые воздействовали более ранние технологические новшества. Паровая машина обеспечила людей значительным увеличением физических возможностей в сфере производства, транспорта и строительства, что привело к созданию более

мощных и мобильных механизмов. В настоящее время подобные изменения наблюдаются в области когнитивных способностей во всех сферах деятельности, связанных с использованием языка, таких как коммуникация, рассуждение, анализ, продажи, маркетинг, поддержка и обслуживание.

С развитием технологий меняются требования к навыкам и квалификации людей. До появления калькуляторов одним из ключевых навыков считалась способность быстро и точно выполнять математические вычисления. Специалисты, умеющие эффективно складывать, умножать и делить, были востребованы на рынке труда. Однако с изобретением калькуляторов и резким ростом производительности необходимость в ручных расчетах значительно сократилась. Соответственно, снизилась и потребность в людях, чья работа основывалась на таких расчетах. Вместо этого возрос спрос на новые компетенции, связанные с применением «правильных формул» в специализированных областях. Например, в бухгалтерии и смежных сферах значимость приобрели умения, связанные не столько с самими вычислениями, сколько с их правильным применением в контексте конкретных задач и процессов. Аналогично тому, как произошёл этот переход, можно ожидать, что внедрение искусственного интеллекта и автоматизации создаст новые области, где люди будут востребованы не столько в выполнении рутинных операций, сколько в управлении и адаптации более сложных технологий к специфике деятельности.

Таким образом, во время Четвёртой индустриальной революции аналогичные процессы наблюдаются не в сфере обработки числовых данных, а в области работы со словами, изображениями и звуками. На текущий момент, по состоянию на середину 2024 года, генеративный ИИ успешно справляется с задачами, которые ранее были исключительной прерогативой человека: создание текстов, музыки и визуальных произведений. Такая динамика, вероятно, приведёт к постепенному снижению спроса на специалистов, занятых в так называемых «творческих профессиях», включая писателей, композиторов, художников, маркетологов и представителей смежных областей.

За последние 250 лет производительность труда радикально возросла, однако количество рабочих мест не уменьшилось. Это можно объяснить тем, что технологии находили применение в совершенно неожиданных и ранее не предусмотренных сферах. По мере роста производительности происходило расширение границ применения технологий, охватывая области, не предполагаемые при их разработке (Naughton, 2016). Возникает вопрос: произойдёт ли нечто подобное с искусственным интеллектом в эпоху Четвёртой индустриальной революции, или же человек утратит свою субъектность, превратившись в объект — лишь в одну из незначительных ступеней эволюционного процесса, как это принято считать? История знает примеры, когда целые виды, такие как лошади, потеряли своё экономическое значение с распространением паровых двигателей и автомобилей, хотя ранее были неотъемлемой частью экономической и социальной системы любого государства.

Пример с лошадьми иллюстрирует изменения в логистике и способах доставки физических товаров. Однако с развитием промышленных революций радикально изменились не только методы транспортировки материальных объектов, но и нематериальных продуктов, таких как информация. Например, люди, которые ранее были вынуждены ездить в специализированные музыкальные магазины, расположенные на значительном расстоянии от их дома, перестали это делать с появлением цифровой музыки, доступной на мобильных устройствах. Этот переход существенно повлиял на производительность в сфере производства информации, представленной в виде музыки — её объём значительно возрос. Технологический прогресс изменил саму природу производства и распространения нематериальных продуктов. Музыка, которая раньше была ограничена физическими носителями, такими как пластинки и компакт-диски, с цифровизацией стала мгновенно доступной для миллионов пользователей по всему миру. Это привело к не только к сокращению затрат и времени на её распространение, но и к качественному изменению самой отрасли, сделав музыку более доступной и массово производимой.

Безусловно, масштабное внедрение технологий не происходит мгновенно. Технологический потенциал, достигнутый в лабораторных условиях, не всегда может быть немедленно интегрирован в решения, автоматизирующие конкретные виды деятельности — разработка таких решений требует

значительных временных и финансовых ресурсов. Даже когда такое решение будет создано, его экономическая целесообразность на начальных этапах может быть под вопросом, если издержки на внедрение технологии превысят стоимость человеческого труда. Однако, как показывает опыт, это характерно для ранних стадий развития технологий. Со временем, с усовершенствованием и массовым распространением новых технологий, их стоимость снижается (Yang, 2007), и с этим процессом компании будут нуждаться в меньшем числе работников для выполнения тех или иных задач. Пример с калькуляторами хорошо иллюстрирует это: первоначально технология казалась дорогой и узкоспециализированной, но в итоге изменила роль людей в процессе.

В будущем, по мере внедрения новых технологий, многие рабочие процессы значительно трансформируются, и человеческая роль будет пересматриваться. Например, при создании рекламных кампаний, где важна связь с конкретным брендом и его целевой аудиторией, задача человека будет сводиться к выбору одного из нескольких предложенных вариантов, в то время как все аспекты съёмки и подготовки видеоматериалов уже сейчас могут быть выполнены генеративным ИИ за считанные минуты. Это, вероятно, сократит сроки производства видеороликов, фильмов и других творческих произведений. В результате авторам останется лишь корректировать и дорабатывать небольшую часть контента, вместо того чтобы создавать его с нуля, что кардинально изменит творческие процессы и ускорит их выполнение.

От низкоквалифицированного труда к высокотехнологичной автоматизации: Роль ИИ в изменении ролей и задач людей в экономике

Предыдущие поколения технологий автоматизации часто, как правило, оказывало наибольшее влияние на работников с низким уровнем квалификации и образования, и на профессии, где заработная плата находилась в середине распределения доходов (Mandelman, 2022). Для низкооплачиваемых профессий обосновать автоматизацию труда сложнее, поскольку потенциальные выгоды от автоматизации конкурируют с более низкой стоимостью человеческого труда. Кроме того, некоторые задачи, выполняемые в низкооплачиваемых профессиях, технически сложно автоматизировать — например, сбор деликатных фруктов.

Но внедрение генеративного ИИ имеет противоположную картину: он, скорее всего, окажет наибольшее влияние за счет автоматизации некоторых видов деятельности более образованных работников, тем самым сокращая в них потребность на рынке. Ozgul (2024) демонстрирует, что искусственный интеллект может оказать большее влияние на высококвалифицированных работников, выполняющих аналитические не рутинные задачи. В результате может появиться ситуация «опустошение середины». Влияние генеративного ИИ, скорее всего, больше всего изменит работу высокооплачиваемых работников умственного труда из-за развития потенциала технической автоматизации их деятельности, которая ранее считалась относительно невосприимчивой к автоматизации. В некоторых случаях работники останутся в тех же профессиях, но их род деятельности изменится; в других случаях работникам придется сменить профессию.

Направлением, которое как ожидается даст значительный эффект, является потенциальное увеличение производительности труда (Alexopoulos, 2019; Mayer, 2020). Также ожидается, что ИИ окажет значимое влияние на систему управления компаниями (Asatiani, 2020; Lacity, 2021; Mayer, 2020; Nascimento, 2018; Reis, 2020; Zhang, 2020), что делает исследования в области внедрения ИИ в бизнес-модели компания важной темой для дальнейших исследований (Lacity, 2021).

Внедрение решений на базе ИИ также, вероятно, будет происходить быстрее в развитых странах, где заработная плата выше и, следовательно, экономическая целесообразность внедрения автоматизации возникает раньше (Анакро, 2021). Даже если потенциал технологии для автоматизации конкретной трудовой деятельности высок, необходимые для этого затраты следует сравнивать со стоимостью заработной платы человека. В таких странах, как США, Великобритания и Германия, где ставки заработной платы выше, внедрение автоматизации будет происходить быстрее, чем в странах с более низкими заработными платами, например, в Китае, Индии или Польше.

С недавних пор рутинную работу по обработке информации стали передавать генеративному ИИ. Примеры таких видов работ: маркетинговые активности и PR, взаимодействие с клиентом, тестирование кандидатов на работу, обучение сотрудников, база знаний (включая справочную службу с голосовыми ответами), анализ и структурирование данных, построение графиков и отчетов, поддержка принятия решений на основе анализа альтернатив и рыночной ситуации с вероятностными сценариями, искать варианты экономии операционных затрат (анализ и сокращение), аудит и выявление махинаций в компании, совершенствование товаров и услуг, контроль качества, R&D и генерация идей, психолог, юрист, репетитор, помощник врача, программиста, исследователя, партнер для обсуждения статей и книг и много другое.

Но кроме перечисленных профессий, большинство из которых так или иначе ориентированы на создание контента и взаимодействие с людьми, ИИ начинает влиять на высокоинтеллектуальные профессии, которые требуют разной глубины планирования, прогнозирования рисков и волевых решений проблем. В качестве примера можно рассмотреть изменение профессии проектного менеджера (ПМ), которая появилась не так давно, в середине 20 века, когда нужно было управлять военными и космическими проектами в США после Второй мировой войны. ИИ имеет потенциал не только для того, чтобы дополнить и расширить роли и обязанности ПМ, но и фундаментально перестроить жизненный цикл разработки продукта (PDLC), что позволит сократить общий цикл разработки и улучшить клиентскую ценность.

Так, в середине 2024 года McKinsey провела эмпирическое исследование руководителей проектов в Европе и Америке, чтобы понять проникновение ИИ в их работу. Согласно исследованию, ИИ сократил время вывода продукта на рынок на 5%, повысил производительность руководителей проектов на 40% (Gnanasambandam, 2024). Также трое из четырех отметили, что качество их результатов было либо значительно улучшено, либо несколько улучшено по сравнению с тем, чего они достигли без инструментов ИИ. Исследование показало, что генеративный ИИ оказал в два раза больше положительного влияния на контентно-тяжелые задачи (сбор и синтез информации, создание и совершенствование контента, мозговой штурм), чем на контентно-легкие задачи – такие как сбор и визуализация данных. Это связано с тем, что контентно-тяжелые задачи имеют больший потенциал для автоматизации (Choudhary, 2019), а также с тем, что генеративный ИИ преуспевает в извлечении информации из неструктурированных данных и опережает человеческую генерацию контента. Согласно этому же исследованию, использование больших языковых моделей в практике проектных менеджеров по-разному повлияло на результаты их работы в зависимости от уровня опыта ПМ. Проектные менеджеры с большим опытом поддерживали высокое качество результатов, тогда как более молодые ПМ повысили производительность, но за счет снижения качества выдаваемых результатов. Таким образом, ИИ не может заменить базовые навыки, необходимые для ПМ, но может помочь им развить эти навыки путем получения практики.

Кроме того, наблюдается тренд слияния традиционных и технологически ориентированных ролей на рабочем месте, что ведет к эволюции организационной структуры и распределению функций (Sergei, 2023). Так, директор по информационным технологиям (CIO) в настоящее время играет ключевую роль для операционного директора (COO), но в будущем функции COO могут быть интегрированы в роль CIO. Аналогичным образом, другие руководители будут обладать определенной специализацией в области архитектуры данных, дополняемой знаниями и опытом в своих традиционных функциональных областях. В частности, в секторе электронной коммерции менеджеры по категориям все чаще становятся в первую очередь архитекторами данных, что подчеркивает важность цифровых навыков в современном управлении бизнесом.

Влияние искусственного интеллекта усиливается и в сфере образования — одной из древнейших сфер человеческого взаимодействия, которая сыграла ключевую роль в эволюционном развитии человека. Исследования показывают, что применение ИИ может существенно повысить эффективность обучения. Например, использование ИИ в организации исследовательского обучения позволило улучшить результаты обучения студентов на 1-10% по различным компонентам (Xie, 2023). ИИ также

помогает преподавателям более точно определять учебные задачи и адаптировать содержание курсов под индивидуальные потребности учащихся (Lin, 2022).

Например, профессия учителя старшей школы, в обязанности которого входит подготовка тестов и оценка работ учащихся, подвергается значительным изменениям благодаря возможностям генеративного ИИ в области обработки естественного языка. Существенная часть задач, связанных с подготовкой и проверкой тестов, может быть автоматизирована с использованием ИИ. Более того, если ИИ-модель специально обучить и адаптировать, она сможет не только оценивать сочинения в свободной форме, но и корректировать грамматические и пунктуационные ошибки в диктантах. Даже без углублённой настройки в настоящее время возможно использование крупных языковых моделей для создания черновых версий тестов, которые затем редактируются учителями. В перспективе уровень автоматизации педагогической работы будет только возрастать. Внедрение ИИ в образовательные процессы позволит высвободить время учителей для выполнения более творческих и социально значимых задач, таких как развитие гибких социальных навыков учащихся посредством проведения дискуссий в классе и работы со студентами над развитием критического мышления. В целом, исследования демонстрируют растущий тренд использования ИИ в образовании, особенно в таких областях как персонализированное обучение, интеллектуальные системы поддержки преподавания, оценка и анализ образовательных данных (Siddiqui, 2023; Sultangazina, 2021).

ИИ значительно снижает барьеры доступа к технологическим инструментам для средних и малых компаний в сферах планирования, принятия решений, автоматизации и оптимизации процессов, которые ранее были доступны только крупным предприятиям (Sharma, 2023). Это может повысить точность планирования и операционной оптимизации, даже несмотря на ограниченные ресурсы, присущие малому бизнесу (Nascimento, 2021). Другим примером увеличения доступности ресурсов стало снижение стоимости оборудования и программного обеспечения, необходимого для создания банков, которое стало ключевым фактором, способствующим росту числа финтех-стартапов. Кроме того, ИИ предоставляет малым фирмам новые возможности для создания инновационных и интеллектуальных продуктов и услуг, а также для разработки новых бизнес-моделей и организационных форм (Gu, 2019). Таким образом, небольшие компании, даже не обладая опытом в области инвестиций в инновации, могут использовать ИИ для создания потенциальных конкурентных преимуществ благодаря своей скорости адаптации и легкости внедрения изменений. Владельцы малого бизнеса получают доступ к новым уровням производственных и когнитивных возможностей, которые значительно превышают то, что они могли бы достичь, нанимая команду экспертов.

Внедрение генеративного искусственного интеллекта и других технологий может помочь ускорить рост производительности, частично компенсируя снижение роста занятости и старение населения, что приводит к сокращению рабочей силы. С другой стороны, увеличение срока жизни людей благодаря той же медицине может увеличить сам по себе трудоспособный возраст с существующих 60-65, например, до 70 лет. Это подтверждает тенденция роста продолжительности жизни с доисторических времен до 21 века. Так, анализ исторических данных показывает, что продолжительность жизни человека увеличилась с 20 лет в доисторические времена до 85 лет в 2023 году (Yfantopoulos, 2024). Этот значительный рост стал возможен благодаря множеству социально-экономических и медицинских факторов, включая улучшение условий жизни, санитарии, питания, доступ к образованию и медицинским услугам, а также профилактику заболеваний, но прежде всего - технологические достижения. Развитие этих сфер способствовало постепенному увеличению продолжительности жизни на протяжении нескольких исторических эпох.

В доисторический период примитивные условия существования, ограниченный доступ к ресурсам и высокий уровень инфекционных заболеваний ограничивали продолжительность жизни до 20–30 лет. В древние времена (в Египте, Греции и Риме) продолжительность жизни оценивалась в 20–35 лет, что объяснялось частыми войнами, инфекционными заболеваниями, недоеданием и высоким уровнем детской смертности. В средние века, с 500 по 1500 год, такие эпидемии, как чума, оказали значительное влияние на население, и продолжительность жизни колебалась в пределах 30–40 лет.

Ранний современный период (1500–1800 гг.) ознаменовался аграрной революцией, улучшением рациона и санитарных условий, однако продолжительность жизни оставалась на уровне 30–40 лет. Лишь с наступлением промышленной революции в XVIII–XIX веках произошло значительное увеличение продолжительности жизни до 40–50 лет, чему способствовали достижения в медицине, гигиене и питании. В XX веке прогресс в области медицинского обслуживания, санитарии, улучшение условий жизни и технологические инновации позволили увеличить продолжительность жизни до более чем 70 лет, особенно в развитых регионах. В XXI веке эта тенденция продолжилась, и к 2023 году средняя продолжительность жизни достигла 85 лет. Однако сохраняются значительные различия между странами: в 2022 году разница в ожидаемой продолжительности жизни составляла до 33,5 лет, варьируясь от 52,5 лет в таких странах, как Чад и Нигерия, до 86 лет в Монако, Гонконге и Японии.

Изучение этих данных указывает на неуклонное увеличение продолжительности жизни под влиянием совокупности социально-экономических, медицинских и технологических факторов. Следовательно, основываясь на исторических данных, можно утверждать, что в период активного развития искусственного интеллекта и технологий Четвёртой промышленной революции продолжительность жизни будет продолжать увеличиваться. Это, в свою очередь, будет способствовать расширению объёма и улучшению качества гибридного интеллектуального капитала для предприятий.

Несмотря на то, что технологии ИИ находятся на ранних стадиях, и потребуется значительное время для их дальнейшей разработки, прежде чем их полный потенциал будет реализован, уже сегодня следует думать о том, как развертывание ИИ-агентов будет воспринято на уровне сотрудников компании. Фактически, внедрение генеративного ИИ может рассматриваться как добавление новых работников в команду, что требует значительного объема тестирования, обучения и наставничества, прежде чем им можно будет доверять самостоятельную работу. Это раскрывает значительный потенциал для трансформации HR процессов и процедур, которые будут дальше рассмотрены в текущей работе.

Влияние искусственного интеллекта на программное обеспечение, практики и подходы

Программное обеспечение (ПО) является одним из ключевых продуктов Третьей промышленной революции, направленных на ускорение процессов, стандартизацию, повышение качества и накопление информации. В контексте Индустрии 4.0 программное обеспечение служит основой для развития передовых цифровых технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и робототехника (Апе, 2019). Оно продолжает занимать центральное место в цифровой трансформации экономики и общества, оставаясь критически важным компонентом для инноваций и прогресса во многих сферах жизни (Vorontkova, 2023).

Тем не менее, в настоящее время наблюдается трансформация самого программного обеспечения. С интеграцией элементов искусственного интеллекта в ПО мы вступаем в новую эволюционную стадию, которая отражается в цифровизации предприятий, государственных структур и общества в целом. Далее будет рассмотрено влияние искусственного интеллекта на различные виды программного обеспечения:

- Специализированное программное обеспечение, например, для бизнес-аналитики и визуализации данных. Эти системы в ближайшее время, вероятно, подвергнутся существенному влиянию генеративного ИИ, в части обработки данных (поиска паттернов и закономерностей данных), а также в визуализации данных. Это связано с тем, что ИИ помогает автоматизировать аналитические процессы, повышать точность прогнозов и выявлять скрытые закономерности в данных, способствует получению ценных бизнес-инсайтов (Gómez-Caicedo, 2022).

- Программное обеспечение категорий CRM (управление взаимоотношениями с клиентами) и ERP/ERM (управление ресурсами предприятия) также обладает потенциалом для создания дополнительной ценности за счет интеграции с экспертными моделями ИИ (Ozay, 2024). Эти системы опери-

руют большими объемами корпоративных данных и служат основой для разработки высокоэффективных искусственных интеллектуальных моделей, способных поддерживать ключевые бизнес-процессы предприятий и оптимизировать их (Yovcheva, 2023).

- Программные решения для экспертов, ориентированные на создание контента или командную работу, могут претерпеть значительные изменения. Например, в области образования ИИ используется для разработки специализированных цифровых инструментов и интеграции датчиков в энергетические концепции, что позволяет обучать архитекторов и поддерживать навыки исследовательских и преподавательских команд (Sommer, 2023). С другой стороны, увеличение числа полу-экспертных пользователей и появление новых сценариев использования, таких как внедрение систем поддержки принятия решений (СППР), или так называемых «вторых пилотов», может существенно трансформировать эту категорию. ИИ позволяет СППР имитировать человеческое мышление и улучшать процесс принятия решений в сложных условиях реального времени (Paneerselvam, 2019). Внедрение методов ИИ, таких как нейронные сети, нечеткая логика и биоинспирированные алгоритмы, привело к созданию интеллектуальных СППР, которые применяются в различных областях, включая здравоохранение, кибербезопасность, финансы и маркетинг (Waqar, 2024).

- Искусственный интеллект оказывает значительное влияние на программное обеспечение для автоматизации бизнес-процессов, способствуя появлению новых парадигм, таких как интеллектуальная автоматизация процессов (IPA) и гиперавтоматизация (Gunawan, 2023). IPA объединяет технологии машинного обучения и ИИ для улучшения результатов бизнес-процессов, выходя за рамки традиционной роботизированной автоматизации процессов (RPA) (Chakraborti et al., 2020). Гиперавтоматизация предлагает многомодульную структуру для стратегического использования нескольких технологий автоматизации, преодолевая ограничения традиционной RPA (Sudharson, 2023). В результате, достигнув полной автоматизации, станут появляться предприятия, способные функционировать без человеческого вмешательства, так называемых «предприятий с выключенным светом» (Goh, 2016). Это обозначает, что производственные процессы выполняются роботами, автоматизированными системами и ИИ.

- До появления генеративного ИИ важным этапом развития цифровых технологий были решения Low-Code и No-Code, которые предлагали упрощенную разработку приложений. Однако распространение этих инструментов оказалось ограниченным, поскольку они не смогли преодолеть барьеры, связанные с кривой обучения и удобством использования. Генеративный ИИ, обладая способностью обеспечивать разработку приложений на основе естественного языка, вероятно, позволит значительно ускорить внедрение и использование Low-Code и No-Code технологий в ближайшем будущем. Уже сегодня платформы no-code AI помогают организациям преодолевать управленческие проблемы, связанные с операциями машинного обучения (MLOps), сокращая разрыв между бизнес-экспертами и технологами, ускоряя итерации между проблемами и решениями, а также помогая в управлении инфраструктурой (Sundberg & Holmström, 2023). Ожидается, что к 2025 году доля новых приложений, разработанных организациями с использованием платформ low-code, достигнет 70% всех новых приложений, разработанных организациями, по сравнению с менее чем 25% в 2020 году (Juhas et al., 2022).

Важным вопросом остается наличие устаревших программных приложений и систем на крупных предприятиях, что часто представляет собой значительную угрозу безопасности предприятия и не позволяет интегрировать новые актуальные ИТ решения. Модернизация этих систем, однако, может оказаться сложной, дорогостоящей и трудоемкой задачей, требующей от инженеров анализа и понимания миллионов строк устаревшего кода и ручной документации бизнес-логики. Это включает перевод этой логики в обновленную кодовую базу и интеграцию ее с современными системами, что создает дополнительные сложности в процессе миграции и увеличивает затраты на реализацию. Одним из потенциальных решений этой проблемы являются агенты искусственного интеллекта, которые могут значительно упростить процесс модернизации.

Специализированный ИИ-агент может быть развернут как эксперт по устаревшему программному обеспечению, осуществляя анализ старого кода, документирование и перевод различных его сегментов. Одновременно с этим агент по обеспечению качества может критически оценивать созданную документацию и генерировать тестовые случаи, что способствует итеративному совершенствованию работы системы ИИ и обеспечению ее точности и соответствия организационным стандартам. Повторяющийся характер этого процесса может создать эффект маховика, при котором компоненты структуры агента повторно используются для других миграций программного обеспечения в организации, что значительно повышает производительность и снижает общие затраты на разработку программного обеспечения.

Выводы. Влияние искусственного интеллекта на трансформацию человеческих ресурсов предприятий охватывает как автоматизацию физических, так и интеллектуальных задач. Исторически индустриальные революции последовательно усиливали физические и когнитивные возможности человека: паровые двигатели и электричество трансформировали производство и транспорт, а Третья индустриальная революция способствовала расширению когнитивных возможностей благодаря компьютерам и интернету. В условиях Четвёртой промышленной революции генеративный ИИ играет решающую роль в автоматизации задач, связанных с текстами, изображениями и звуком, что ведет к снижению спроса на рутинные творческие профессии, одновременно усиливая важность навыков управления и адаптации к новым технологиям.

Исторические данные свидетельствуют, что новые технологии, повышая производительность, открывают возможности для создания новых рабочих мест, ранее не существовавших. Однако существует риск того, что роль человека как субъекта деятельности в условиях растущей зависимости от автоматизированных систем может снизиться. Это вызывает важный вопрос о том, сохранит ли человек свою значимость в условиях растущей технологической замены в некоторых отраслях.

Автоматизация на основе предыдущих технологических революций традиционно оказывала наибольшее влияние на низкоквалифицированный труд. Искусственный интеллект, в особенности генеративный, изменяет эту парадигму, оказывая воздействие на высококвалифицированных специалистов, выполняющих аналитические задачи. Это может привести к значительным изменениям в структуре занятости, включая феномен "опустошения середины," когда высокооплачиваемые специалисты вынуждены переосмысливать свои роли или адаптироваться к новым технологическим требованиям. В целом, темпы внедрения ИИ и других технологий автоматизации зависят от экономической целесообразности и уровня заработной платы: в высокоразвитых странах, где трудовые издержки выше, автоматизация продвигается быстрее, чем в странах с низкими трудовыми затратами.

Особое внимание стоит уделить вопросу влияния ИИ на сферу разработки программного обеспечения, которое играет ключевую роль в цифровой трансформации и интеграции технологий Четвёртой промышленной революции. Искусственный интеллект, будучи интегрированным в ПО, открывает возможности для оптимизации бизнес-процессов, повышения аналитических возможностей и точности прогнозов. В результате, интеллектуальная автоматизация процессов и гиперавтоматизация способствуют созданию предприятий с минимальным человеческим вмешательством, что сильно сокращает спрос на рабочую силу со стороны предпринимателей.

2.4. Перспективы и вызовы искусственного интеллекта: от экономической целесообразности к угрозам AGI

Экономическое влияние генеративного ИИ: потенциал и перспективы

Влияние генеративного искусственного интеллекта на производительность может принести мировой экономике триллионы долларов. По оценкам исследования McKinsey (Chui, 2024), генеративный ИИ может приносить от 2,6 до 4,4 триллионов долларов ежегодно в 63 проанализированных сценариях использования. Эта оценка может удвоиться, если учесть влияние внедрения генеративного ИИ в программное обеспечение, которое в настоящее время используется для других задач, выходящих

за рамки этих сценариев использования. Около 75% ценности, которую могут принести эти сценарии использования генеративного ИИ, приходится на четыре области: операции с клиентами, маркетинг и продажи, разработка программного обеспечения и продуктовые исследования и разработки. Только за 2023 год Google, Microsoft, OpenAI и другие инвестировали в библиотеки программного обеспечения и фреймворки для поддержки агентской функциональности (Yee, 2024). Приложения на базе LLM, такие как Microsoft Copilot, Amazon Q и предстоящий проект Google Astra, переходят от основанных на знаниях к более основанным на действиях. Компании и исследовательские лаборатории, такие как Adept, crewAI и Imbue, также разрабатывают основанные на агентах модели и много-агентные системы. Учитывая скорость, с которой развивается генеративный ИИ, агенты могут стать таким же обычным явлением, как сегодня чат-боты.

Рассмотрим, как технологию ИИ видят сегодня руководители крупнейших мировых компаний и каковы ближайшие тренды. В конце 2023 года было проведено три независимых исследования, посвящённых тенденциям на 2024 год (Davenport, 2024). В двух из них приняли участие технические директора по данным Массачусетского технологического института и участники симпозиума по качеству информации, одно из которых было спонсировано Amazon Web Services (AWS), а другое — Thoughtworks. Третье исследование было проведено компанией Wavestone. В этих опросах приняли участие более 500 руководителей высшего звена. На основе результатов этих исследований можно выделить пять ключевых вопросов:

- Генеративный ИИ пока не приносит ощутимой практической пользы для бизнеса. Хотя большинство респондентов увеличивают инвестиции в эту технологию, компании продолжают находиться на стадии экспериментов, как на индивидуальном уровне, так и в рамках подразделений. Лишь 6% компаний, опрошенных AWS, и 5% компаний, опрошенных Wavestone, внедрили генеративный ИИ на промышленном уровне. Внедрение требует значительных инвестиций и организационных изменений, включая перепроектирование бизнес-процессов и переквалификацию сотрудников или их частичную замену системами ИИ; а также необходимо интегрировать ИИ в существующую технологическую инфраструктуру.

- Наука о данных переходит от кустарного к промышленному производству (как это было во времена первой промышленной революции в ткацкой индустрии). Компании стремятся ускорить создание моделей данных, инвестируя в платформы, процессы, методологии, хранилища функций и системы машинного обучения (MLOps). Системы MLOps позволяют отслеживать состояние моделей машинного обучения и проверять качество выдаваемых результатов, и при необходимости инициировать дообучение или повторное обучение с использованием новых данных. Также респонденты отметили важность повторного использования существующих наборов данных и универсальность разрабатываемых решений, что позволит увеличить отдачу от инвестиций в ИИ.

- Тенденция предполагает, что информационные продукты, включающие в себя аналитические инструменты и интегрированные технологии искусственного интеллекта, станут ключевыми для повышения ценности данных. Таким образом, данные будут преобразовываться в практические и полезные для бизнеса решения на основе интеграции аналитического и генеративного ИИ.

- Появляется специализация в науке о данных, новые подходы и профессиональные роли, такие как инженеры по обработке данных, инженеры по машинному обучению, специалисты по взаимодействию с бизнесом и менеджеры по продуктам данных. Рост гражданской науки о данных также снижает спрос на профессионалов, поскольку инструменты вроде Advanced Data Analysis (Davenport, Bean, 2024) позволяют непрофессионалам создавать модели и анализировать данные с минимальными усилиями. Однако задачи, требующие разработки новых алгоритмов и интерпретации сложных моделей, по-прежнему требуют профессиональных знаний.

- Многие организации сокращают количество отдельных руководителей по данным и аналитике, включая должности, связанные с искусственным интеллектом. Вместо этого функции этих руководи-

телей всё чаще становятся частью более широкого технологического управления, подчинённого единому «супер технологическому» лидеру, который обычно подчиняется генеральному директору и сочетает в себе функции директора по информационным, цифровым технологиям и данным.

В то же время Goldman Sachs прогнозирует, что рост ИИ будет повторять траекторию развития прошлых компьютерных и технологических продуктов. Подобно тому, как мир перешел от гигантских мэйнфреймов к современным технологиям, будет происходить такой же быстрый рост искусственного интеллекта, меняющего мир. (Forbes, 2023). Сочетание значительной экономии затрат на рабочую силу и повышения производительности не вытесненных работников повышает вероятность бума производительности труда, подобного тем, которые последовали за появлением более ранних технологий общего назначения, таких как электродвигатель и персональный компьютер.

Исследования, проведённые среди финансовых директоров, которые, по роду своей деятельности, проявляют больший скептицизм по отношению к инновациям, чем генеральные директора, также демонстрируют высокий уровень оптимизма в отношении технологии генеративного ИИ. Согласно опросу, проведённому McKinsey в 2024 году, более 80% финансовых директоров выразили мнение, что внедрение данных технологий будет способствовать повышению производительности сотрудников за счёт возможности сосредоточиться на задачах, создающих добавленную стоимость. Среди наиболее часто упоминаемых направлений применения генеративного ИИ в финансовой сфере выделяются поддержка стратегического планирования и лидерства, включая генерацию идей и мониторинг конкурентов, что отметили 49% респондентов. Примерно треть опрошенных также указала на перспективы использования ИИ в области контроллинга и бухгалтерского учёта (Agrawal, 2024).

Инвестиции в ИИ: от ожиданий к экономической реальности

Активизация интереса к теме искусственного интеллекта, вызванная выпуском ChatGPT 3.5 в ноябре 2022 года, способствовала значительному росту инвестиций в ИИ, особенно в его генеративные модели. На данный момент объём запланированных вложений в эту сферу превышает триллион долларов США. Примером подобного роста является компания Nvidia, чья рыночная капитализация увеличилась с 0,35 триллионов долларов в начале ноября 2022 года до 3,43 триллионов долларов к 5 ноября 2024 года, что составляет почти десятикратное увеличение за два года (Washingtonpost, 2024). Эти инвестиции и рыночные ожидания предполагают возврат на вложенные средства, однако остаётся вопрос о реальных перспективах их окупаемости и возможных сроках достижения этого результата (Pimenow, 2024). Часто такие ожидания ассоциируются с революционными изменениями, включая значительное повышение производительности или решение глобальных проблем, таких как изменение климата, увеличение продолжительности жизни и лечение неизлечимых заболеваний, включая рак.

Оправданность ожиданий в отношении революционных изменений, таких как лечение рака или продление жизни, вызывает серьёзные сомнения. Эти вопросы крайне сложны и не могут быть решены исключительно с помощью интеллектуальных построений или теоретических моделей. В реальных научных исследованиях требуется проведение огромного количества экспериментов, каждый из которых генерирует массив данных, зачастую противоречивых и нуждающихся в дальнейшей проверке и повторных экспериментах. Для формирования рабочей гипотезы недостаточно лишь теоретических рассуждений — необходима её практическая проверка в реальных условиях. Даже при наличии более продвинутых учёных, без специализированного оборудования, такого как адронный коллайдер (Berlingen, 2016), невозможно достичь новых открытий в физике элементарных частиц.

Безусловно, искусственный интеллект может способствовать ускорению научного прогресса, в том числе посредством создания сложных компьютерных симуляций атомов, клеток и других биологических процессов. Однако две ключевые проблемы ограничивают его потенциал для мгновенного научного прорыва. Во-первых, скорость симуляций превосходит реальные процессы за счёт упрощения или игнорирования некоторых аспектов реальности, что является неизбежным следствием любой

модели, которая по своей природе представляет собой упрощённое описание сложной системы. Во-вторых, даже если симуляция демонстрирует многообещающие результаты, её необходимо проверять в реальных условиях, что требует значительного времени. Этот процесс должен соответствовать биологическим временным рамкам, в которых протекают настоящие процессы, что ограничивает возможность мгновенного достижения научных результатов.

Таким образом, хотя упрощенные версии процессов в симуляциях могут помочь в отборе наиболее перспективных направлений исследований, они не могут заменить реальных экспериментов и проверок. В реальности все детали имеют значение: реальность — это, по сути, совокупность всех значимых факторов, которые необходимо учитывать для понимания процессов. По мере того как симуляции становятся всё более детализированными, они сталкиваются с физическими и энергетическими ограничениями, так как невозможно воспроизвести всю сложность реального мира с тем же уровнем эффективности. Например, если бы мы смогли смоделировать все молекулы в клетке и все клетки в человеческом теле, эта симуляция не смогла бы работать с той же скоростью и энергозатратами, что и само человеческое тело.

Чтобы быть по-настоящему полезным, ИИ должен интегрироваться в реальный мир, и именно этот мир будет определять темпы его применения и создания ценности. Без экспериментов, прототипирования, неудач и взаимодействия с физической реальностью, даже самый продвинутый интеллект не сможет принести немедленные результаты. Ожидать мгновенных открытий в момент создания универсального ИИ нереалистично. Хотя прогресс в области ИИ уже значительно ускорил открытия, задавая вопросы, которые не способен задать человек, даже невероятно мощный интеллект не гарантирует мгновенных решений глобальных проблем. Для достижения настоящих научных прорывов требуется гораздо больше, чем просто интеллект — необходимо время, ресурсы и систематическая работа в реальном мире.

Отдельным вопросом в появлении общего ИИ есть вопрос завершенности. Будет ли агент ИИ считать задачу выполненной, если выполнит ее на 99,99% или он будет добиваться всех 100% даже если на это потребуются максимальные ресурсы, даже малодоступные. Когда он будет приступать к решению новой задачи, если предыдущая не будет выполнена на 100%. Возможно ли при этом его «зависание». Таким образом вопрос завершенности действительно представляет собой ключевую проблему в управлении поведением агентов ИИ. Существует несколько аспектов, которые могут повлиять на то, как ИИ определяет завершенность задачи и как с этим справиться.

Во-первых, задача для ИИ должна быть структурирована с четко определенным критерием завершенности. Для этого требуется либо ясного определения метрики успеха, например, 99% может быть приемлемым результатом для определенных задач, если это заранее оговорено, либо гибких порогов завершения, то есть можно настроить динамическое завершение задачи, где ИИ сможет завершить выполнение задачи, если дальнейшие улучшения требуют непропорциональных затрат времени или ресурсов.

Во-вторых, следует определить, момент прерывания задачи и перехода к новой. Для этого можно выставлять задачам разные приоритеты, что позволит определять, когда стоит прервать одну задачу ради более важной. Это позволит избежать ситуации, когда ИИ бесконечно занимается выполнением одной задачи, игнорируя другие, более срочные задачи. Альтернативным решением есть многозадачность, как это работает на уровне человеческого мозга, то есть речь идет о параллельном выполнении задач.

В-третьих, можно передать контроль завершения задачи заказчику-человеку. Это безусловно внесет субъективность в оценку и сильно замедлит выполнение задачи, но для чувствительных тем, где важно качество и дополнительные проверки это служит хорошим решением. Пример такой темы может быть связан, например, с активацией ядерного оружия в ответ на обнаружение ядерной угрозы со стороны активного агента ИИ.

В-четвертых, система ИИ может быть настроена на автоматическое завершение задачи в случаях, когда цель недостижима: ИИ может анализировать, достигается ли цель с приемлемыми затратами

ресурсов, и завершать задачу, если дальнейшие усилия нецелесообразны или ресурсы исчерпаны: в случае, если выполнение задачи требует чрезмерных ресурсов, ИИ должен иметь встроенные ограничения, предотвращающие использование всех доступных ресурсов, особенно если это нарушает выполнение других задач. Задачи могут иметь временные рамки, по истечении которых ИИ либо завершает выполнение, либо прерывает для выполнения более приоритетных задач.

Таким образом, настройка критерия завершенности, механизмы контроля за прогрессом и управление приоритетами задач позволят избежать ситуаций, когда ИИ бесконечно выполняет одну задачу или расходует на нее все ресурсы.

Развитие ИИ: вызовы и пути их преодоления

В настоящей части исследования рассматриваются барьеры и возможности для развития искусственного интеллекта. Существенная часть ограничений носит технический характер. В частности, наблюдается дефицит микрочипов и преобразователей, способных удовлетворить специфические энергетические потребности ИИ (например, использование напряжения 1 В вместо стандартных 220 В), а также физические ограничения размера микрочипов, которые при достижении менее 3 нм начинают сталкиваться с квантовыми эффектами, требуя инновационных решений в области материалов и архитектуры (Ganguly, 2023). Высокая частота работы транзисторов вызывает значительный тепловой эффект, что требует постоянных мер охлаждения. Кроме того, современные архитектуры ИИ остаются чрезмерно энергоемкими при обработке больших объемов текстов и сложных данных из-за квадратичного роста вычислительной сложности (Hossain, 2022). Значительное энергопотребление дата-центров, использующих ИИ, сопоставимо с энергопотреблением небольшого государства.

Немаловажным барьером является также недостаточная квалификация менеджеров и специалистов в интеграции ИИ в бизнес-процессы. Исследования последних десятилетий показывают, что внедрение методов машинного обучения (МО) в организациях часто терпит неудачу. Основными причинами этих неудач являются недооценка или неправильная интерпретация специалистами, обладающими высокой технической квалификацией, некоторых аспектов бизнес-контекста, что приводит к значительным пробелам в понимании данных, их контекста и потребностей конечных пользователей (Porovic, 2024). Такие ошибки могут подорвать потенциальный положительный эффект от использования МО. Осознание ключевых факторов риска при внедрении ИИ способствует минимизации непредвиденных последствий (Maier, 2020).

Исследования подтверждают, что риски неудач значительно снижаются, если команды разработчиков взаимодействуют с бизнес-подразделениями, обеспечивая глубокое понимание процесса через задавание вопросов. Однако, несмотря на важность такого взаимодействия, корпоративная культура часто не поддерживает активное выяснение деталей. Показательным является то, что демонстрация обладания всеми необходимыми знаниями может служить способом сигнализировать о своей компетентности. При этом специалистам по анализу данных, несмотря на их техническую квалификацию, часто не хватает навыков межличностного взаимодействия, необходимых для налаживания эффективной коммуникации с бизнес-заказчиками.

Со своей стороны, бизнес-заказчики также сталкиваются с трудностями: они могут не осознавать, какую информацию необходимо предоставить аналитикам или опасаться задавать вопросы. Это создает разрыв в коммуникации, что препятствует успешной критической оценке предположений и выявлению ключевых элементов бизнес-контекста. Для преодоления подобных барьеров рекомендуется формировать корпоративную культуру, которая поощряет задавание вопросов и критическое мышление, исключающее эгоцентризм и опору на предыдущий опыт.

Успешное развитие технологий ИИ требует участия различных заинтересованных сторон и взаимодействия между ними. Необходимо применять научный подход, направленный на совершенствование технологий ИИ и их применения. Важным аспектом является создание междисциплинарной системы сотрудничества между гражданским обществом, государством и технологическими компаниями. Государства должны предоставлять ресурсы для масштабных исследований, поддерживать

междисциплинарные исследования и внедрять продвинутые методы оценки рисков. Корпорации, со своей стороны, обязаны содействовать исследователям, предоставляя доступ к ИИ-моделям, ресурсам и знаниям, а также обеспечивать прозрачность и делиться информацией о применяемых ими подходах и мерах безопасности, надежности, справедливости и равенства в разработке ИИ.

Рассуждающий ИИ и AGI: путь к самостоятельному принятию решений

В рамках ближайших перспектив развития технологий искусственного интеллекта, способствующих эволюционным изменениям в управлении человеческими ресурсами и совершенствованию самих моделей, можно выделить несколько ключевых направлений.

Во-первых, разработка новой архитектуры нейронных сетей, обеспечивающей снижение энергопотребления при высокой производительности, является важным направлением (He, 2024). Внедрение различных пост-трансформерных архитектур, таких как Perceiver, использующей асимметричное внимание для сокращения вычислительных затрат при работе с длинными последовательностями, и Linformer, который снижает квадратичную сложность внимания до линейной, может существенно изменить методы обработки информации. Также предлагается новая многоуровневая архитектура гетерогенных сетей, которая оптимально распределяет задачи машинного обучения между различными уровнями и узлами сети. Такой подход позволяет повысить энергоэффективность за счет совместного обучения и коммуникаций (Hossain, 2022). Кроме того, применение методов снижения размерности, таких как Vortex и анализ главных компонент (PCA), помогает уменьшить сложность моделей и время их выполнения (Talib, 2024).

Во-вторых, увеличение контекстного окна, к которому стремятся многие компании, позволит обрабатывать больший объем данных, включая книги, что создаст новые возможности для генерации смысловых контекстов (Rajendran, 2024). В то же время наиболее ожидаемым этапом, над которым работают ведущие технологические компании, является развитие общего искусственного интеллекта (AGI), способного к выполнению широкого спектра задач с уровнем гибкости и адаптивности, характерным для человеческого интеллекта.

Рядом современных экспертов в области ИИ поддерживается прогноз, что AGI, который в себе объединит в себе все существующие типы ИИ (аналитический, генеративный, ИИ агентов) сможет стать экспертом на уровне не хуже человека в большинстве или во всех областях человеческих знаний и умений. По их мнению, такой общий ИИ должен освоить рассуждение, самостоятельное решение проблем, самообучение, понимание языков, получить собственную картину реального мира с пониманием взаимосвязей и его законов. Промежуточным этапом до создания общего ИИ будет рассуждающий ИИ. Компания OpenAI представила свое видение пути создания общего ИИ (Forbes, 2024). Он состоит из следующих этапов:

- Чат-боты. (Chatbots). Чат-бот общающийся на естественном языке. К ним принадлежит существующая модель GPT4, Claude и другие.
- Рассуждающий ИИ (Reasonable). ИИ, который может разбивать задачу на части и решать проблемы путем логических пошаговых рассуждений.
- Агенты, которые могут действовать (Agents). Этот ИИ уже будет самостоятельно действовать на основе собственных рассуждений.
- Инноваторы (Innovators). Системы, которые способны предлагать новое.
- Организаторы (Organizations). Системы, которые могут выполнять работу больших групп людей для достижения общих целей с разными ролями в рамках одной и той же информационной системы.

Этап чат-ботов пройден, поэтому актуально рассмотреть вариант с рассуждающим ИИ. Компания OpenAI, согласно ее анонсу, выпустила такого чат-бота в середине сентября 2024 года (OpenAI, 2024). Для эффективной работы, рассуждающий ИИ в процессе поиска решения на вопрос должен разбивать этот поиск на этапы, и на каждом следующем шагу использовать выводы с предыдущих этапов. Это потребует больше вычислений и большего количества передачи информации между сервером и

компьютером пользователя, что негативно скажется на продуктивности. Посмотрим на этапы рассуждения с точки зрения логики. Это полезно, так как вероятно, что эти же этапы будут заложены и в рассуждения ИИ.

- Пользователь взаимодействует с системой ИИ, давая запрос на естественном языке, как если бы он давал указания доверенному сотруднику. Система определяет предполагаемый вариант использования, запрашивая у пользователя дополнительные разъяснения, когда это необходимо;
- Разбитие задачи на последовательность логических этапов, которые может назначать другим специализированным субагентам ИИ;
- При поиске ответа на каждом этапе набрасывание возможных вариантов;
- Поиск под каждый вариант решения обоснования (объяснения);
- С учетом обоснований взвешивание вероятностей, оценка и выбор самого лучшего варианта решения для этапа (это происходит на основании опыта, фактов, логики, нормативных документов);
- Выдача ответа на задачу с учетом логических ответов с обоснованиями на каждом из этапов.

Люди в процессе рассуждений и принятия решений основываются на своей картине мира, сформированной под влиянием индивидуально накопленного опыта, информации, полученной из внешних источников (от других людей, из книг, интернета), а также на собственной логике и понимании взаимосвязи событий в окружающем мире. Личный опыт и переживания каждого человека создают уникальную перспективу, которая влияет на его выбор и поведение (Lee, 2020). Все эти процессы зависят от ограничений одной жизни и одного мозга отдельного индивидуума. В случае с рассуждающим искусственным интеллектом, принципы, правила и алгоритмы обучения задаются на этапе его проектирования, однако информация, накопленная в процессе обучения, является синергией логики, опыта и знаний, полученных от миллионов людей.

Таким образом, рассуждающий ИИ может стать эффективным помощником как для отдельных лиц, так и для малых и средних предприятий, а также индивидуальных предпринимателей. Компании небольшого масштаба часто не располагают достаточными финансовыми ресурсами для найма высококвалифицированных специалистов с глубокими знаниями и навыками в различных областях хозяйственной деятельности. В таких условиях текущие сотрудники, обладающие ограниченным опытом и развитым логическим мышлением, могут использовать возможности рассуждающего ИИ для решения профессиональных задач.

Однако важно отметить, что качество выводов, сделанных ИИ, зависит от правил, заложенных в его систему на этапе проектирования: какие данные он будет использовать, какие — нет, что будет в приоритете, а что останется на периферии. Это создаёт потенциальные риски глобальной предвзятости рассуждающего ИИ. С другой стороны, с опорой на теорию усложнения информации и возникновения новых форм в динамических неравновесных системах, можно предположить, что у ИИ могут появиться новые свойства, новые паттерны мышления и логика, не предусмотренные на этапе его разработки.

У живых неравновесных систем есть такие процессы как целеполагание, особенно у высших форм жизни, таких как человек. Это связано с наличием нейронных сетей, когнитивных способностей и сознания. Исследования показывают, что такие когнитивные способности как рассуждение, дивергентное мышление, скорость мыслительных процессов и кратковременная память играют важную роль в способности ставить и достигать цели (Vock, 2011). Сознание, как ключевой аспект когнитивных функций, также вовлечено в процессы целеполагания и решения проблем (Roth, 2013; Wang, 2012). Благодаря этим способностям и свойствам, живые организмы могут оценивать альтернативные стратегии и делать осознанный выбор на основе целей и предпочтений. Например, животное может выбирать, где искать еду, как избежать опасности, или где обустроить жилище. Человек идёт дальше, принимая решения на основе сложных логических, эмоциональных и социально-культурных факторов (Lee, 2020). В этом смысле "выбор" становится действительным аспектом поведения неравновесных систем, если мы говорим о биологических организмах.

Поэтому важным для изучения есть вопрос, может ли возникнуть у рассуждающего ИИ (или AGI) свойство собственного целеполагания, или это свойственно только живым организмам. Может ли ИИ иметь желания, как особую форму процесса целеполагания. И будет ли у искусственного интеллекта воля в достижении своей цели — свойства, скорее характерное для человека, которое характеризует и целеустремленность, и креативность в поиске подходов к достижению цели, и напористость как способ сопротивления противодействию со стороны конкурентов одновременно. У человека в основе целеполагания, желаний и воли лежат его базовые инстинкты: максимальное распространение своих копий (продолжения рода), самосохранения (выживание конкретного индивида), и иерархический (адаптация в среде, в конкретной группе). Эволюция продемонстрировала, что именно эти инстинкты позволили заполнить своим видом всю планету и стать доминирующим видом на ней. Без самостоятельных целей ИИ не будет самостоятельным агентом (субъектом окружающего мира), а лишь выполнять задачи и решать проблемы своих создателей.

В настоящее время создаются множество индивидуальных систем ИИ, каждая из которых настроена для выполнения конкретных задач. Однако при развертывании большого количества таких систем одновременно, методы, позволяющие создать взаимодействие ИИ, остаются слабо развитыми. Основы взаимодействия агентов ИИ заложены в концепции умных городов, где сенсорные сети могут автономно собирать, анализировать и передавать данные, что подразумевает определенное взаимодействие между ИИ-агентами (Luskey, 2020). Но в целом, тема остается достаточно неизученной, что требует дальнейших исследований. Примером служит общество людей, где сложные социальные связи способствуют успеху, надежности и долголетию. В отличие от этого, системы ИИ пока не обладают способностью выстраивать подобные социальные связи, что ограничивает их потенциал в решении глобальных задач человечества с одной стороны, и создания общего искусственного интеллекта — с другой.

На пятом этапе достижения AGI ключевую роль играют методы эффективного взаимодействия различных ИИ-агентов. Для выполнения задач, аналогичных работе больших групп людей, с разделением ролей в рамках единой информационной системы, необходимо, чтобы ИИ-агенты взаимодействовали подобно человеческим группам: они должны вступать в разногласия, спорить, проявлять эгоцентризм, тщеславие и стремление к доминированию. Противоположный сценарий, при котором доминирует согласованное поведение ИИ-агентов (что наблюдается в современных чат-ботах), лишен элементов гибкости и хитрости, необходимых для интеллектуальных прорывов. Конструктивное несогласие и критическое мышление, а не только аналитические способности, являются ключевыми факторами для создания новой информации и инноваций.

Потенциальные угрозы AGI в контексте гиперболического дисконтирования

Несмотря на то что создание общего искусственного интеллекта все еще остается отдаленной перспективой, существует ряд текущих рисков, связанных с развитием и внедрением AGI, которые требуют внимания. Игнорировать экзистенциальную угрозу, исходящую от суперинтеллекта по причине того, что это далекая перспектива — подобно утверждению, что обсуждение угрозы астероида, летящего на Землю, мешает решению проблемы изменения климата (Pimenow, 2024). В случае, если неконтролируемый AGI приведет к вымиранию человечества в ближайшие десятилетия, все другие риски утратят свое значение.

Основная причина, по которой риск суперинтеллекта обсуждается значительно реже по сравнению с такими угрозами, как безработица или предвзятость, заключается в осознанном нежелании затрагивать эту тему, в основном по финансовым причинам. Технологические компании стремятся избежать ужесточения регулирования и потерять деньги инвесторов, а исследователи ИИ — возможного сокращения финансирования. Подобное игнорирование проблемы в основном медиа также вызывает беспокойство, ведь первый шаг к решению угрозы заключается в ее открытом обсуждении, аналогично тому, что первый шаг к отклонению астероида — начать широкое обсуждение того, что лучше всего по этому поводу делать.

Проблема восприятия рисков, связанных с глобальными угрозами, такими как радикальные изменения климата или ядерная зима, заключается в отсутствии у людей реального опыта взаимодействия с подобными ситуациями, и высоким ожиданием, что статус-кво текущей ситуации будет сохраняться и в будущем (Samuelson, 1988). Наше представление о мире формируется на основе личного опыта, и текущие темпы роста в различных сферах воспринимаются как «нормальное» развитие событий. Это ограничивает наши способности к прогнозированию, поскольку предсказание будущих событий часто основывается на аналогиях с прошлым. Прогнозы, которые выходят за рамки привычного хода вещей, кажутся нам маловероятными или наивными, будь то ускорение или замедление определённых трендов. Это явление объясняется тем, что для понимания и предсказания будущего требуется наличие соответствующего опыта, который, в свою очередь, ограничен рамками воображения.

С другой стороны, важную роль в нашем восприятии будущих рисков играет феномен гиперболического дисконтирования (Rapaçi, 2023), который является одним из центральных концептов поведенческой экономики и нейрoэкономики. Согласно модели дисконтированной полезности, межвременной выбор ничем принципиально не отличается от других видов выбора, за исключением того, что последствия данного выбора отсрочены во времени. Эти отсроченные последствия необходимо предвидеть и учитывать при принятии решений, однако люди склонны дисконтировать будущие события, снижая их значимость в настоящем (т.е. оценивая их с учётом временной задержки). Даже события, которые с высокой вероятностью произойдут в будущем, кажутся менее важными и не вызывают сильных эмоциональных реакций, будь то тревога или воодушевление, из-за их отдалённости (Ikeda, 2010).

Когда людям предлагаются два вознаграждения одинаковой ценности, они, как правило, выбирают то, которое будет получено быстрее. Степень дисконтирования увеличивается с продолжительностью временной задержки, что приводит к значительной недооценке более отдалённых во времени событий. Таким образом, потенциальные выгоды и угрозы, связанные с развитием искусственного интеллекта, которые могут реализоваться через 5 или 10 лет, на текущий момент активно обсуждаются лишь узким кругом энтузиастов и специалистов, непосредственно заинтересованных в данной проблематике. Большинство людей не воспринимают эти будущие изменения как актуальные и важные, поскольку их влияние кажется слишком отдалённым для повседневного восприятия.

Это когнитивное искажение выглядит как мнение о том, что большие языковые модели не способны быстро рекурсивно самоулучшаться. Однако это игнорирует предположение, основанное на природе динамических неравновесных систем, что архитектура ИИ может кардинально измениться в процессе самоулучшения. Более совершенные архитектуры явно существуют, о чем свидетельствует, например, тот факт, что мозг Эйнштейна значительно превосходил современные ИИ-модели в области физики, используя при этом гораздо меньшие объёмы данных и энергии.

Если суперинтеллект станет причиной гибели человечества, это произойдет не потому, что он станет злым или осознающим себя, а из-за того, что его цели или действия могут оказаться несовместимыми с интересами человечества. Предполагается, что AGI, даже обладающий внешне заданной (не собственной) целью, будет стремиться (как и люди) к самосохранению, максимальному распространению в пространстве (росту), а также накоплению ресурсов для ее достижения этой внешней цели. Например, он может решить удалить кислород из атмосферы Земли, чтобы предотвратить коррозию металлов, которые входят в состав компьютеров, на которых работает ИИ. И это уже не говоря о том, что изменения климата, нагрев Земли автоматически увеличивает доступную энергию на Земле. Таким образом риск, что в процессе выполнения поставленной задачи ИИ может сформулировать промежуточную цель, непредсказуемую для людей, что способно нанести вред исполнителю задачи или даже всему человечеству до сих пор остается не решенным. Дополнительное беспокойство вызывает необходимость того, чтобы ИИ не просто выполнял команды буквально, а выполнял с пониманием человеческие намерений и ограничений (которые, кстати, разные у разных людей, стран, народов, религий, зависят от пола и возраста и т.д.), и которые люди часто интуитивно себе устанавливают.

В идеале ИИ должен уметь и гибко запрашивать уточнения у человека при возникновении сомнений в интерпретации поставленных задач, что позволит осуществлять контроль человеком каждого промежуточного шага и результата действий ИИ. Другим вариантом решения будет создание этических фреймворков, которые будут встроены в ИИ, чтобы агент мог учитывать моральные принципы при принятии решений. Это может включать правила, запрещающие действия, наносящие вред человечеству или окружающей среде. Третий вариант – создание ИИ с ограниченным доступом к ресурсам и четко определенными границами задач (что маловероятно, так как считается, что ценность от общей модели ИИ раскрывается при его работе в наиболее широком из возможных информационных диапазонов). Такие системы будут строго ограничены в области применения и не смогут выходить за пределы заранее установленных границ.

Выводы. Влияние генеративного искусственного интеллекта на мировую экономику может оказаться значительно выше, чем первоначально оценивалось. По данным исследований McKinsey, генеративный ИИ способен приносить до 4,4 триллионов долларов в год в различных сценариях применения. Однако внедрение этих технологий требует серьезных изменений в организации бизнеса, включая модернизацию инфраструктуры и переобучение сотрудников. Темпы внедрения пока невысоки, но в долгосрочной перспективе применение ИИ обещает значительное увеличение производительности труда.

Несмотря на высокий потенциал генеративного ИИ, исследования показывают, что лишь малый процент компаний внедряет его на промышленном уровне. Это связано с необходимостью больших инвестиций и интеграции новых технологий в существующие системы. Тем не менее, специалисты отмечают тенденцию к росту интереса к этой технологии среди высшего руководства, особенно в таких направлениях, как стратегическое планирование, бухгалтерский учет и контроллинг, что указывает на возможное усиление роли ИИ в управлении бизнесом и значительное повышение продуктивности благодаря сокращению рутинных задач.

В то же время остаются вопросы относительно окупаемости инвестиций в технологии искусственного интеллекта и сроков их реального возврата. Такие ожидания зачастую связаны с революционными изменениями, включая лечение неизлечимых заболеваний или продление жизни. Однако реальность научного прогресса значительно сложнее. Интеллектуальные модели могут помочь ускорить исследовательские процессы, но они не могут полностью заменить реальные эксперименты. Даже самые мощные симуляции требуют проверки в реальных условиях, что ограничивает скорость достижений. Прогресс, безусловно, ускорится с внедрением ИИ, но мгновенные решения глобальных проблем остаются нереалистичными.

Развитие ИИ сталкивается с множеством барьеров, от технических ограничений, сложностей алгоритмов при обработке больших объемов данных до низкой компетентности менеджеров в интеграции ИИ в бизнес-процессы, что подтверждается многими неудачами проектов в области машинного обучения. Для успешного преодоления этих барьеров необходимо активное взаимодействие между специалистами в области ИИ и бизнес-заказчиками. Формирование корпоративной культуры, способствующей такой коммуникации, и вовлечение различных заинтересованных сторон, включая государства и технологические компании, будут способствовать эффективному развитию и внедрению технологий ИИ.

В ходе эволюции искусственного интеллекта одним из важнейших вопросов стоит разработка общего ИИ (AGI), который сможет выполнять широкий спектр задач с уровнем гибкости и адаптивности, сопоставимым с человеческим интеллектом. Достижение AGI можно рассматривать как следующий этап в развитии неравновесных систем, где новая информация и сложные когнитивные процессы могут возникать за счет взаимодействия множества компонентов, включая нейронные сети и другие архитектуры. Концепция самоорганизующихся систем, характерная для биологических организмов, начинает отражаться и в проектировании ИИ, что поднимает вопрос о возможности самостоятельного целеполагания ИИ на основе накопленных знаний и логических рассуждений.

Современные разработки, такие как рассуждающий ИИ и новые архитектуры нейронных сетей (Perceiver, LInformer), направлены на оптимизацию работы с большими объемами данных и повышение продуктивности, что является важной вехой на пути к созданию AGI. Эти системы способны решать сложные задачи на этапах и принимать решения на основе логических рассуждений, что приближает их к способности к самостоятельному принятию решений. Вопрос о том, сможет ли AGI обладать собственными целями и волей к их достижению, остается открытым, но представляет значительный научный и практический интерес в контексте дальнейших исследований ИИ как динамической, самоорганизующейся системы.

Несмотря на то что создание общего искусственного интеллекта остается технологически отдаленной перспективой, потенциальные риски, связанные с его развитием, требуют глубокого и всестороннего анализа. Прогнозы относительно угрозы, исходящей от AGI, связаны с его возможной способностью принимать самостоятельные решения, что в условиях несоместимости логики AGI с интересами человечества может привести к катастрофическим последствиям.

Одним из ключевых факторов, способствующих недооценке подобных рисков, является феномен гиперболического дисконтирования, при котором люди склонны игнорировать отдаленные угрозы, в том числе экзистенциальные риски, связанные с развитием суперинтеллекта. Это когнитивное искажение препятствует адекватной оценке темпов изменений в архитектуре ИИ и его способности к рекурсивному самоулучшению, что повышает вероятность внезапного и неконтролируемого роста возможностей AGI.

Современные технологии, такие как крупные языковые модели и нейронные сети, уже демонстрируют значительный потенциал для ускоренного развития посредством самоулучшающихся алгоритмов, что существенно усложняет прогнозирование их долгосрочных последствий. Для минимизации потенциальных рисков необходимо разработать четкие этические рамки и механизмы контроля, которые обеспечат согласование целей AGI с интересами человечества.

Исследования в области неравновесных систем, применяемые к анализу данных и информации, могут способствовать более глубокому пониманию возникновения эмерджентных свойств у ИИ как сложной системы. Это позволит предугадывать возможные риски, которые пока остаются непроявленными. Хотя полное устранение угроз, связанных с AGI, может оказаться невероятно сложной задачей, крайне важно разрабатывать методы и подходы, направленные на снижение этих рисков и обеспечение безопасного управления ИИ-технологиями в будущем.

2.5. Риски первого и второго порядка генеративного искусственного интеллекта в глобальном контексте

Несмотря на впечатляющие возможности, существуют опасения по поводу этических проблем, распространения устаревших данных и отсутствия правового регулирования использования таких систем (Dimitrieska, 2024). Технология может также создать новые серьезные проблемы, риск возникновения которых значителен. Поэтому важно понимать, как преимущества, так и ограничения этой технологии, чтобы использовать ее ответственно и эффективно в различных сферах деятельности (Ooi, 2023; Sengar, 2024). Риски классифицируем по следующим направлениям.

— *Риски качества продуктов (результатов), которые создает ИИ:*

- Надежность и точность: модели генеративного ИИ могут давать разные ответы на одни и те же запросы, что затрудняет способность пользователя оценивать точность и надежность результатов;

- Модели могут давать ответы по вопросам, которым они не обучены, то есть галлюцинировать. Снизить объем галлюцинаций или разработать инструменты по их недопущению может стать отдельной задачей в области развития технологии генеративного ИИ. Пока будет продолжаться галлюцинирование, маловероятно передача генеративному ИИ задач с автономным принятием решений. Применение технологий, таких как генерация дополненной информации (retrieval-augmented generation, RAG), может помочь снизить риск галлюцинаций (Murragy, 2024). Однако внедрение таких решений требует времени, что может замедлять процесс интеграции ИИ в корпоративную среду;

- Многие ИИ-системы действуют как "черные ящики", что затрудняет понимание их работы и механизмов обработки данных. Поэтому ответы, которые дает генеративный ИИ, могут быть не объяснимы человеческой логикой и не понятны;

- Не преднамеренная выдача вредоносных результатов, по техническим причинам. Например, с помощью метода, называемого быстрым внедрением, третья сторона дает модели новые инструкции, которые обманным путем заставляют модель выдавать выходные данные, не предусмотренные производителем моде

- Является ли контент, создаваемый ИИ, справедливым и не предвзятым, либо из-за несовершенства обучающих данных, либо из-за принятых решений инженерами, разрабатывающими модели;

- Соответствуют ли ответы ИИ общечеловеческим ценностям или определенному набору общесогласованных правил;

- *Юридические риски:*

- Существуют опасения, или нарушает контент, который создает ИИ права интеллектуальной собственности в части генерации «плагиата», который возможен по причине обучения на данных, которые являются правами интеллектуальной собственности без соответствующей оплаты за пользование такими правами. Как раз в этой области идут судебные дела между владельцами контента и компаниями разработчиками LLM (Chu, 2024);

- Риски конфиденциальности могут возникнуть, если пользователи вводят информацию, которая позже попадает в выходные данные модели в форме, позволяющей идентифицировать отдельных лиц.

- *Экономические риски:*

- Генеративный ИИ может использоваться злоумышленниками для повышения сложности и скорости кибератак, которые несут конкретные финансовые и репутационные потери для компаний и организаций, в том числе выход из строя целых систем жизнеобеспечения на длительный период;

- С другой стороны, миллиарды используемых устройств интернета вещей (IoT), поддерживаемых ИИ, естественным увеличивают уязвимость компаний. По мере того, как все больше «вещей» подключаются, количество способов атаковать их стремительно растет. До появления IoT крупная корпоративная сеть могла иметь от 50 000 до 500 000 конечных точек, уязвимых для атак; IoT может включать сеть с миллионами или десятками миллионов таких конечных точек (McKinsey, 2024, May).

- Для эффективного использования и практического применения необходимы специалисты с опытом и критическим мышлением, способные формулировать правильные запросы и определять, когда алгоритмы выдают неверные данные. К сожалению, таких специалистов не так много, или у них не хватает навыков и опыта.

- *Социальные и политические риски:*

- Генеративный ИИ также может использоваться для преднамеренного создания и распространения вредоносного контента, такого как дезинформация, дипфейки, разжигание ненависти и использование в выборных компаниях демократических стран, что в конечном итоге несет риск самой демократии из-за концентрации и удержания власти.

- Утеря приватности и массовая слежка. ИИ требует больших объемов данных для обучения и оптимизации, что может привести к сбору личной информации без согласия пользователей. Также системы ИИ могут анализировать данные для выявления паттернов поведения людей, что позволяет предсказывать их действия и открывает дорогу для вторжения в их частную жизнь и манипулирование. Развитие технологий ИИ может привести к автоматизации процессов слежки, включая использование камер и датчиков, что способствует созданию общества постоянного наблюдения. Китай — пример срабатывания этого риска (Feldstein, 2021; Topal, 2021).

- Создание, распространение и использование автономного летального оружия;

- Риск обесценивания социального взаимодействия людей связан с тем, что пользователи могут стать чрезмерно зависимыми от систем ИИ для эмоциональной поддержки, что приведет к снижению человеческого взаимодействия и потенциальной оторванности от значимых отношений (Сао, 2024).

- Потери смыслов жизни для некоторых людей по причине их изоляции (безработица, невозможность освоиться в новой технологической действительности и, соответственно, не нужности для экономики);

- Чрезмерное ожидание от технологии. Проблема внедрения технологий ИИ заключается в том, что пользователи часто проявляют недостаток инициативы и избыток доверия, и не стремятся проверять результаты, что создаёт риски. Если технологии требуют постоянной перепроверки, возникает вопрос о их практической ценности.

- Глобальный рост неравенства в мире, обусловленный разным доступом к информации и технологиям в целом.

— *Экологические риски:*

- Рост выбросов парниковых газов и увеличение углеродного следа по причине высокой энергозатратности технологий ИИ при существующей архитектуре и методах обучения.

Далее рассмотрим более подробно некоторые из рисков и варианты их уменьшения.

Несмотря на высокие ожидания, возлагаемые на технологии искусственного интеллекта, существует вероятность того, что они могут не оправдать ожиданий в части прорывных инноваций. Это связано с их способностью адаптироваться к запросам пользователей и предоставлять ответы, которые кажутся наиболее предпочтительными. Данный эффект можно сопоставить с поведением человека, который также изменяет свои действия в зависимости от окружающих обстоятельств и внешних факторов, определяющих его выбор. Исследования показывают, что принятие решений человеком существенно зависит от контекста и условий среды (Carrier, 2009), что указывает на важность внешних факторов в процессе выбора. На основе существующих данных, можно предположить, что ИИ будет аналогично адаптироваться к предпочтениям пользователей, изменяя свои ответы в соответствии с индивидуальными запросами. Процесс постоянного дообучения, который является неотъемлемой частью работы ИИ, предполагает непрерывное обновление его моделей. Однако введение новой информации не всегда улучшает работу ИИ; в ряде случаев это может усугубить существующие проблемы, снижая качество ответов и ограничивая возможности для создания инновационных решений.

Одним из многообещающих направлений в развитии искусственного интеллекта является концепция самообучения, при которой нейронная сеть, сталкиваясь с невозможностью сгенерировать обоснованный ответ, обращается к другой нейросети для поиска необходимой информации в интернете. Полученные данные становятся основой для дальнейшего обучения исходной системы ИИ. Такой подход можно рассматривать как реализацию принципов LEAN, направленных на поступательные улучшения без необходимости радикальных изменений в архитектуре системы. Однако самообучение ИИ сопряжено с рядом потенциальных рисков. Даже при корректно сформулированных требованиях и безошибочной реализации, динамические возможности обучения могут привести к непреднамеренным последствиям. Одним из возможных рисков является то, что ИИ может случайно создать свою следующую версию с более мощными способностями, но с моральными ценностями и целями, несовместимыми с теми, которые были заложены в исходную модель. Это подчеркивает необходимость того, чтобы самосовершенствующиеся системы ИИ не только оставались безошибочными, но и сохраняли совместимость с человеческими ценностями при проектировании последующих версий.

Генеративные модели искусственного интеллекта представляют серьёзную угрозу для информационной экосистемы, особенно в контексте политических процессов и выборов, которые уже подвержены влиянию дезинформации. Способность этих технологий к персонализации и масштабному распространению политических сообщений, способных оказывать значительное влияние на исход выборов, вызывает глубокую озабоченность. Опасность заключается в том, что массовое применение ИИ

для создания дезинформации может ещё больше подорвать доверие к демократическим институтам, которое за последние два десятилетия уже существенно ослабло.

Ключевой вызов состоит в необходимости разработки политической системы, способной поддерживать конструктивный диалог между представителями различных политических взглядов, несмотря на технологические угрозы. Современные механизмы таргетинга, основанные на анализе больших данных, позволяют политическим кампаниям манипулировать предпочтениями и решениями избирателей, что значительно повышает требования к уровню критического мышления и восприятия информации в обществе. В таких условиях важно повышать информационную грамотность и критическое отношение к источникам информации, чтобы противостоять манипулятивным воздействиям, создаваемым с использованием ИИ.

Для минимизации рисков, связанных с использованием генеративных моделей ИИ, рассматривается возможность введения обязательных мер, таких как маркировка всех материалов, созданных ИИ, водяными знаками. Это обеспечит большую прозрачность и информированность пользователей, позволяя им отличать искусственно сгенерированные материалы от человеческих. Такая мера может стать важным шагом на пути к снижению уровня дезинформации и манипуляции в информационном пространстве.

Другой подход к решению данной проблемы заключается в добавлении определённых препятствий для получения ответов от моделей, обученных на больших языковых моделях (LLM). Недавние исследования, такие как полевой эксперимент (Renée Gosline, 2024), показали, что введение дополнительных этапов для доступа к информации может повысить точность предоставляемых данных без существенного увеличения времени выполнения задачи. Такие меры могут стимулировать более ответственное и осознанное развертывание ИИ-систем со стороны коммерческих компаний, снижая риски их неконтролируемого использования и влияния на общественные процессы.

Все вышеописанное относится к негативным последствиям первого порядка, возникающим непосредственно в результате разработки решений на основе искусственного интеллекта, его непреднамеренного или преднамеренного неправильного применения, а также ошибочного обращения с входными данными, которые обеспечивают его работу. Помимо этого, существуют и эффекты второго порядка, такие как атрофия профессиональных навыков (например, диагностических навыков медицинских работников), которая происходит по мере увеличения роли ИИ в операционной деятельности различных профессий (Cheatham, 2019). Одним из нарастающих рисков является снижение чувства личной ответственности сотрудников за последствия решений, подсканных ИИ, что остаётся недостаточно освещённым в текущих дискуссиях об ответственном использовании технологий.

Особое беспокойство вызывает потеря того типа ответственности, который немецкий философ Ганс Йонас описывал как «чувство ответственности», подразумевающее способность человека к критическому мышлению и прогнозированию последствий своих действий, не только для себя, но и для окружающих (Titah, 2024). Автоматизированные системы ИИ могут изменить восприятие этой ответственности, передавая часть процесса принятия решений на алгоритмы. Для решения проблемы чрезмерного доверия технологиям и утраты людьми чувства собственной ответственности доктор Ховард (Howard, 2024) предлагает два ключевых подхода.

Во-первых, введение нормативных актов и стандартов для регулирования разработки и использования ИИ, что обеспечит справедливые условия на рынке и защиту прав потребителей. Примером может служить закон об ИИ (European Union, 2024), принятый Европейским Союзом, а также Комплексная рамочная политика Хиросимского процесса, согласованная странами G7 в 2023 году (Takahashi, 2024). Эти шаги направлены на создание единых стандартов, регулирующих разработку и использование ИИ на глобальном уровне.

Во-вторых, пользователи ИИ должны осознавать, что модели ИИ могут выдавать некорректные результаты. Хотя дополнительное тестирование и улучшение моделей, может повысить точность их ответов, существенный прогресс будет достигнут, если модели смогут признавать свои ограничения. Например, внедрение возможности модели отвечать фразами вроде «Я не уверен» или «Я не могу правильно ответить на этот вопрос» позволит повысить доверие пользователей к ИИ. Такая функция

увеличит уверенность людей в способности ИИ различать известное от неизвестного, что может способствовать более широкому принятию этих технологий в обществе.

Выводы. Несмотря на значительный потенциал технологий искусственного интеллекта, их внедрение сопровождается множеством рисков, связанных с качеством результатов, юридическими аспектами, экономическими и социальными последствиями. Генеративные модели ИИ подвержены различным ошибкам, включая так называемые "галлюцинации" и некорректные результаты, которые могут привести к нежелательным последствиям в ряде отраслей. Ошибки первого порядка, такие как предвзятость алгоритмов и некорректное поведение систем, требуют дополнительных исследований и разработки механизмов для их минимизации, таких как интеграция дополненной информации (например, через методы Retrieval-Augmented Generation).

Эффекты второго порядка включают в себя долгосрочные последствия для общества, такие как атрофия профессиональных навыков и утрата чувства личной ответственности. Автоматизация процессов, обусловленная внедрением ИИ, может способствовать снижению уровня критического мышления у специалистов и чрезмерной зависимости от решений, принятых алгоритмами. Это представляет серьёзную угрозу для сохранения профессиональной компетентности, что требует внедрения мер, направленных на ответственное использование ИИ-технологий.

Одной из важнейших задач становится создание прозрачных и справедливых механизмов регулирования ИИ, направленных на минимизацию рисков как первого, так и второго порядка. Это включает защиту интеллектуальной собственности, конфиденциальности данных, а также создание правовой базы для регулирования ответственности за ошибки самой технологии ИИ. Ответственное использование этих технологий подразумевает осознанное участие человека в процессе принятия решений, что снизит вероятность ошибок и сохранит активное участие специалистов в проверке результатов работы искусственного интеллекта.

Важным аспектом также является способность ИИ-систем распознавать свои ограничения и сообщать о них пользователю, что обеспечит более высокую степень доверия человека к ним. Поддержание баланса между автоматизацией и человеческим вмешательством должно стать основой для развития будущих систем ИИ, особенно в критически важных областях, таких как здравоохранение, правосудие и образование.

Выводы ко второму разделу.

1. Четвёртая промышленная революция, основанная на интеграции цифровых технологий, таких как искусственный интеллект, IoT, VR и робототехника оказывает глубокое воздействие на глобальные производственные и социальные процессы. В результате стираются границы между физическими, цифровыми и биологическими системами, что открывает новые возможности для повышения производительности, снижения операционных затрат и создания инновационных бизнес-моделей. Применение таких технологий, как виртуальная реальность и роботы, особенно в областях образования, проектирования и производства, повышает точность и эффективность процессов, позволяя создавать более адаптируемые и персонализированные решения.

2. Тем не менее, несмотря на значительные достижения в автоматизации и цифровизации, человеческий фактор продолжает играть ключевую роль в ряде областей. В ситуациях, требующих эмоционального интеллекта, творческой интерпретации анализа данных и принятия сложных решений, технологии не могут полностью заменить человеческий интеллект. Поэтому дальнейшее развитие Четвёртой промышленной революции будет зависеть от успешной интеграции машинного и человеческого труда, что предполагает создание гибридных систем взаимодействия, способных сочетать сильные стороны как людей, так и технологий для решения современных задач.

3. Искусственный интеллект, благодаря своей способности выполнять как рутинные, так и сложные интеллектуальные задачи, стал важным инструментом в корпоративных структурах. Генеративные ИИ-модели, обладая возможностью создания контента и автоматизации операций, обеспечивают высокую гибкость в принятии решений и адаптации к изменяющимся условиям рынка. Особенно значимыми стали такие направления, как персонализация обслуживания и анализ больших

объёмов данных. Модели машинного обучения открывают новые возможности для оптимизации процессов предприятий, обеспечивая компаниям любого масштаба доступ к высокотехнологичным решениям, включая гибкую настройку ИИ под собственные потребности.

4. В то же время аналитический ИИ играет важную роль в обработке больших массивов данных и прогнозировании, что становится незаменимым в стратегическом планировании и научных исследованиях. Успех таких проектов, как AlphaFold2, демонстрирует потенциал ИИ в решении задач, требующих точности и скорости анализа, открывая перспективы в медицине и биологии. Дальнейшее развитие как генеративных, так и аналитических моделей искусственного интеллекта ведёт к созданию когнитивных систем, которые превосходят возможности человеческого интеллекта, расширяя горизонты науки и бизнеса. Однако важность экспертизы и контроля со стороны человека над ИИ остаётся критической для минимизации рисков и обеспечения точности и адекватности принимаемых решений.

5. Синергия генеративного и аналитического ИИ усиливает эффективность бизнес-процессов: генеративный ИИ автоматизирует создание контента, а аналитический ИИ глубоко анализирует данные для принятия обоснованных решений. Взаимодействие этих технологий позволяет компаниям оптимизировать управленческие решения, повышать производительность и снижать затраты, при этом важно поддерживать баланс между их развитием для максимального раскрытия потенциала.

6. Развитие генеративного и аналитического искусственного интеллекта ведёт к значительному росту объёма и сложности информации, что открывает новые возможности для автоматизации рутинных задач и улучшения принятия решений на основе анализа больших данных. Генеративные ИИ используют обратную связь от пользователей для улучшения своих моделей, способствуя экспоненциальному росту информации, а аналитические ИИ помогают компаниям внедрять инновационные решения. Синергия этих технологий трансформирует отрасли, такие как образование, развлечения и здравоохранение, одновременно вызывая необходимость переосмысления экономических моделей в условиях автоматизации и угрозы для традиционных профессий.

7. Искусственный интеллект трансформирует человеческие ресурсы, автоматизируя как физические, так и интеллектуальные задачи, что особенно проявляется в снижении спроса на рутинные творческие профессии и усилении роли навыков адаптации и управления технологиями. Подобно предыдущим индустриальным революциям, развитие ИИ открывает новые возможности для создания рабочих мест, однако существует риск снижения значимости человека как субъекта деятельности в условиях возросшей автоматизации, что ставит под вопрос будущее его роли в технологически зависимых отраслях.

8. Искусственный интеллект, особенно генеративный, меняет традиционную парадигму автоматизации, оказывая влияние не только на низкоквалифицированный труд, но и на высококвалифицированных специалистов, что может привести к "опустошению середины" и необходимости адаптации профессионалов к новым технологическим требованиям. Внедрение ИИ повышает производительность труда и трансформирует управленческие процессы, при этом темпы автоматизации зависят от уровня заработной платы и экономической целесообразности. В высокоразвитых странах автоматизация развивается быстрее, а ИИ открывает новые возможности для малого и среднего бизнеса, снижая барьеры для входа на рынок и стимулируя инновации.

9. Программное обеспечение является ключевым элементом цифровой трансформации, обеспечивая оптимизацию бизнес-процессов. Искусственный интеллект способствует интеллектуальной автоматизации и гиперавтоматизации, создавая предприятия с минимальным и даже нулевым человеческим вмешательством и повышенной эффективностью. Однако устаревшие ИТ системы мешают внедрению новых решений, что требует их модернизации. В этом помогают ИИ-агенты, способные анализировать и переводить старый код, снижая затраты и повышая производительность в разработке нового программного обеспечения.

10. Генеративный искусственный интеллект обладает значительным экономическим потенциалом, с возможностью приносить до 4,4 триллионов долларов в год, согласно данным McKinsey. Однако его внедрение требует модернизации бизнес-инфраструктуры и переобучения сотрудников, что

замедляет его широкое использование. Лишь малый процент компаний интегрирует ИИ на промышленном уровне, ввиду больших инвестиций и сложности адаптации. Тем не менее, интерес к генеративному искусственному интеллекту растёт, особенно в стратегическом планировании, контроллинге и бухгалтерии. В результате роль ИИ в управлении бизнесом и повышении продуктивности может существенно возрасти уже в ближайшем будущем.

11. Выпуск ChatGPT 3.5 в 2022 году, а немного позже и других больших языковых моделей стал катализатором резкого роста интереса к генеративному ИИ и увеличения объёмов инвестиций в этот сектор. Компании, такие как Nvidia, продемонстрировали многократное увеличение рыночной капитализации на этой теме. Однако остаются вопросы о реальной окупаемости этих инвестиций и сроках возврата капитала. Многие ожидания связаны с прорывными изменениями, такими как лечение неизлечимых заболеваний или продление жизни. Однако, несмотря на стремительное развитие технологий, научный прогресс требует времени, и даже самые мощные ИИ-модели нуждаются в реальных экспериментах для подтверждения гипотез и решений. И хотя ИИ ускоряет процесс научных исследований, он не является мгновенным решением глобальных проблем.

12. Технологическое развитие искусственного интеллекта сталкивается с рядом сложностей, начиная от ограничений алгоритмов при обработке больших объёмов данных и заканчивая низкой компетентностью руководителей в интеграции ИИ в бизнес-процессы. Для успешного преодоления этих барьеров необходимо активное взаимодействие между специалистами ИИ и бизнес-сообществом, что требует формирования корпоративной культуры, способствующей продуктивной коммуникации и включению ИИ-технологий в долгосрочные стратегии компаний.

13. Развитие общего искусственного интеллекта (AGI) может стать следующим этапом эволюции динамических неравновесных систем на планете, где аналогично взаимодействию миллиардов нейронов в мозге человека, роль взаимосвязей выполняют миллиарды людей на Земле. Это развитие потенциально несёт риск открытия «ящика Пандоры», создавая условия для возникновения эмерджентных свойств, которые позволят ИИ принимать решения на основе собственной логики и анализа данных. Современные архитектуры нейронных сетей, такие как Perceiver и Linformer, оптимизируют работу с большими объёмами данных, приближая нас к созданию AGI. Однако остаётся нерешённым вопрос: будут ли такие системы обладать собственными целями? Если да, то какие риски это может нести для человечества, как биологической формы жизни?

14. Создание AGI сопровождается потенциальными рисками, связанными с возможностью самостоятельного принятия им решений, которые могут оказаться несовместимым с интересами человечества. Поскольку ИИ является динамической неравновесной системой, то он, вероятно, будет стремиться к сохранению своей формы и сути путем получения под свой контроль всех доступных ресурсов и энергии из возможных, а также адаптации окружающей среды под свои нужды, как это делают люди, которые трансформируют природные экосистемы через сельское хозяйство, урбанизацию и технологии, существенно изменяя климат и экологические ландшафты.

15. Гиперболическое дисконтирование, как когнитивное искажение, затрудняет оценку отдалённых угроз, в том числе экзистенциальных рисков, что повышает вероятность недооценки скорости и масштабов развития AGI. Современные технологии ИИ, такие как крупные языковые модели и самообучающиеся нейронные сети, уже демонстрируют потенциал для ускоренного развития, которое может оказаться экспоненциальным. Это требует незамедлительного создания этических рамок и механизмов контроля за их использованием. Исследования в области неравновесных систем могут способствовать лучшему пониманию рисков, связанных с эмерджентными свойствами AGI, и разработке стратегий для минимизации таких рисков.

16. Внедрение технологий искусственного интеллекта на предприятиях связано с многочисленными рисками, охватывающими качество результатов, юридические аспекты, а также экономические и социальные последствия. Генеративные модели ИИ подвержены ошибкам, таким как "галлюцинации" и некорректные выводы, что может приводить к непредвиденным последствиям в различных отраслях. Особое внимание следует уделить ошибкам первого порядка, включая предвзятость алго-

ритмов и некорректное поведение систем. Для их минимизации требуется дальнейшее исследование и разработка механизмов улучшения, таких как интеграция дополнительных данных через методы Retrieval-Augmented Generation (RAG) и другие.

17. Ошибки второго порядка охватывают долгосрочные социальные последствия, такие как снижение профессиональных навыков и утрата чувства личной ответственности. Автоматизация процессов под воздействием ИИ может ослабить критическое мышление специалистов и вызвать чрезмерную зависимость от решений, принятых алгоритмами. Это представляет серьезную угрозу для профессиональной компетентности и требует разработки мер, обеспечивающих ответственное использование ИИ-технологий. Важнейшей задачей является создание прозрачных и справедливых механизмов регулирования ИИ, направленных на защиту интеллектуальной собственности, конфиденциальности данных и установление юридической ответственности за ошибки, совершаемые системами ИИ.

РАЗДЕЛ 3. ГИБРИДНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ: НОВЫЙ ЭТАП ЭВОЛЮЦИИ

3.1. Предпосылки для изменения подходов в управлении человеческими ресурсами в XXI веке

Проанализировав в предыдущих разделах влияние энтропии и информации на эволюцию человеческих ресурсов, рассмотрим, как эти процессы отразились на развитии бизнес-моделей предприятий и какие последствия это имеет.

В своей основополагающей работе 1937 года «Природа фирмы» Рональд Коуз утверждал, что крупные корпорации возникли благодаря способности снижать транзакционные издержки: осуществление операций внутри фирмы было существенно дешевле, чем аутсорсинг или приобретение услуг и товаров на внешнем рынке (Coase, 1991). В условиях, когда доступ к данным и экспертным знаниям был затратным, наличие внутрифирменного планировочного отдела, обладающего глубоким пониманием организации и доступом к необходимой информации, представляло собой экономически обоснованное решение. Однако в современных условиях, когда данные могут храниться в облачных системах и быть легко доступны каждому, а сложные планировочные приложения позволяют импортировать данные и формировать планы буквально одним нажатием кнопки, компании получают возможность пересмотреть границы своих организаций. Это позволяет им оптимизировать процессы с точки зрения качества, скорости и стоимости, определяя, какие функции целесообразно выполнять внутри организации, а какие — передавать внешним контрагентам.

Снижение транзакционных издержек позволяет компаниям концентрироваться на собственной экспертизе — оставлять у себя те процессы, которые создают ценность для клиента. Глубокое понимание того, в какой части своей деятельности компания формирует наибольшую добавленную ценность, открывает новые возможности как для повышения конкурентоспособности, так и для развития стратегического сотрудничества. Привлечение внешних услуг, особенно в рамках высокоспециализированных бизнес-моделей, основанных на платформенных подходах, в настоящее время становится как никогда экономически оправданным и стратегически целесообразным. Взаимодействие с внешними партнёрами, обладающими узкоспециализированной экспертизой, позволяет не только снижать транзакционные издержки, но и трансформировать традиционные транзакционные отношения в более глубокие и продуктивные партнерства. Эти изменения способствуют созданию устойчивых конкурентных преимуществ, предоставляя компаниям возможности для более эффективного распределения ресурсов и повышения общей операционной эффективности.

Это ведет к значительной трансформации подходов в управлении компанией. Взамен традиционного восприятия поставщиков как контрагентов, которым предоставляется минимальный объем информации для максимизации переговорной силы, компаниям целесообразно рассмотреть возможность более глубокого обмена данными. Такой обмен может способствовать получению более выгодных условий по ценам и поставкам благодаря повышению ритмичности производства у поставщиков и эффектам от экономии на масштабе и логистике. Вхождение в стратегические партнерские отношения, однако, подразумевает управление определенными рисками, в частности риском чрезмерной зависимости от поставщиков.

Вместе с тем, следует учитывать, что и поставщики зависят от покупателей, особенно когда компания создает конкурентную среду среди своих поставщиков, обладая полной информацией о каждом из них. Примеры таких успешных платформенных моделей можно наблюдать в современных компаниях, таких как Airbnb, которая оперирует данными, но не владеет собственными объектами размещения; Google Maps, имеющая данные, но не управляющая ресторанами и магазинами; и Uber, предоставляющий доступ к данным, но не обладающий автопарком. Несмотря на отсутствие физиче-

ской собственности, каждая из этих компаний радикально изменила соответствующие отрасли, демонстрируя мощь данных и возможностей, которые они предоставляют для изменения структуры рынков и процессов в экономике.

Предпринимателям важно осознать, что современные технологии, такие как генеративные и аналитические системы искусственного интеллекта, оказывают комплексное воздействие на все аспекты их бизнеса, включая маркетинг, продажи, деловые переговоры и финансовый анализ. Даже если инновации напрямую не затрагивают производственные процессы, такие как управление цепочками поставок или методы производства продукции, их влияние ощутимо на уровне отраслей и общества в целом. Одним из ключевых преимуществ применения ИИ является способность таких систем адаптировать информацию под специфические потребности пользователей в различных сферах, что позволяет предприятиям более эффективно интегрировать новые технологии в свою деятельность.

Кроме того, скорость внедрения инноваций диктуется не только внутренними корпоративными обсуждениями, но и общим темпом развития отрасли, а также действиями конкурентов, поставщиков, партнеров, дистрибьюторов и социальными трендами. Понимание трансформаций в поведении людей и адаптация сотрудников к новым условиям работы, а также изменения в способах взаимодействия клиентов с продуктами и услугами компании становятся критически важными факторами успеха. Внедрение ИИ может способствовать возникновению новых бизнес-моделей и рынков, где человеческий труд будет частично заменен технологиями, что приведет к высвобождению значительных трудовых ресурсов и существенному повышению эффективности бизнес-процессов.

Модели замкнутого цикла. Другим примером современных бизнес-моделей наряду с платформенными решениями, которые только появляются на рынке, являются модели замкнутого цикла. Практические принципы, лежащие в основе таких моделей, можно свести к простым, но важным целям: использовать меньше, использовать дольше, использовать повторно и применять ресурсы по-новому (Geissdoerfer, 2020). *Эти принципы замкнутого цикла позволяют уменьшить энтропию системы через восстановление и продление жизненного цикла ресурсов и уменьшения отходов, как в рамках отдельной организации, так и экономики в целом.* Большинство циклических моделей акцентируют внимание на одном из этих направлений, но часто комбинируются с другими для достижения комплексного эффекта.

Экономика замкнутого цикла предполагает создание и внедрение бизнес-моделей, ориентированных на минимизацию использования ресурсов при максимизации их ценности на протяжении всего жизненного цикла продукта. Организациям, стремящимся перейти к модели экономики замкнутого цикла, необходимо переосмыслить свои ценностные предложения и разработать новые цепочки создания стоимости, которые обеспечат не только устойчивую экономическую эффективность, но также оптимизацию производственных процессов и более длительном сохранении ресурсов, их повторном использовании и минимизации отходов.

Рассмотрим примеры того, как цифровизация способствует улучшению бизнес-моделей предприятий. Искусственный интеллект оказывает значительное влияние на трансформацию систем целеполагания за счет анализа данных, что позволяет корректировать ключевые показатели эффективности (KPI) и тем самым усиливать взаимосвязь между целями и достигнутыми результатами. Например, компания Wayfair, специализирующаяся на продаже мебели через интернет, применила ИИ для пересмотра своих KPI, связанных с упущенными продажами. Ранее предполагалось, что потеря продаж конкретного товара приводит к прямым убыткам. Однако анализ данных показал, что в 50–60% случаев утраченные продажи одного товара компенсировались покупками других товаров в той же категории (Schrage, 2024). Это открытие привело к изменению подхода к KPI: вместо оценки убытков по отдельным товарам новая система стала учитывать удержание продаж по категориям. Более точные KPI позволили Wayfair предоставлять более эффективные рекомендации, оптимизируя предложения в соответствии с предпочтениями клиентов, такими как цена и сроки доставки. В результате этого подхода компания улучшила показатели анализа и повысила эффективность продаж.

Другой пример - компания Unilever, ведущий британский производитель потребительских товаров, таких как бренды Dove, Seventh Generation и Ben & Jerry's, активно использует искусственный интеллект для оптимизации операций и принятия решений на глобальном уровне (Davenport, Bean, 2023). Одним из ключевых этапов в этом процессе стало внедрение набора политик, регулирующих использование ИИ. Одной из главных политик является требование, чтобы все решения, оказывающие значительное влияние на жизнь людей, принимались исключительно человеком, а не были полностью автоматизированы. Примером может служить система прогнозирования денежных потоков, которая оценивает как экономические риски, так и этические аспекты, такие как справедливость и избегание предвзятости. В основе стратегии Unilever по проверке ИИ лежит комплексная оценка каждого нового приложения на предмет его потенциальных рисков, как с точки зрения эффективности, так и этики. Более того, использование ИИ в различных подразделениях компании должно соответствовать локальным нормативным требованиям, а резюме для найма персонала обязательно проверяются рецензентами-людьми. В случае выявления рисков, которые невозможно минимизировать, проект ИИ отклоняется в соответствии с корпоративными ценностями Unilever.

Внешним партнером Unilever в управлении процессом оценки качества ИИ является компания Holistic AI, базирующаяся в Лондоне. Она разработала платформу, которую команда Unilever по этике данных использует для мониторинга и оценки проектов ИИ. Платформа позволяет отслеживать статус проектов, используя систему оценки рисков по принципу «светофора»: красный сигнализирует о неприемлемом риске, желтый — об управляемом, а зеленый — об отсутствии значимых рисков. Оценка проводится на трех этапах: на стадии подачи проекта, после детального анализа и после мер по смягчению рисков. Проектные лидеры загружают информацию о предполагаемом использовании ИИ, включая цели, бизнес-обоснование, используемые данные и технологии, уровень автономности и потенциальные риски. Платформа анализирует такие аспекты, как объяснимость, надежность, предвзятость и конфиденциальность, чтобы оценить соответствие системы стандартам Unilever. Алгоритмы машинного обучения проходят дополнительную проверку на предмет возможной предвзятости в отношении различных групп.

Трансформация диспетчерских в условиях цифровизации и автоматизации процессов является очередным ярким примером влияния цифровых технологий на бизнес-процессы. Несмотря на реинжиниринг и автоматизацию, на ранних этапах эволюции автоматизированных систем роль человека остается важной для совершенствования моделей автоматизации и контроля. Однако, по мере того как задачи, ранее требовавшие физического присутствия, такие как контроль качества, переходят в цифровую плоскость и основываются на анализе данных, функции диспетчерских постепенно упрощаются. Следующим этапом станет создание активных ИИ агентов, которые смогут оперативно реагировать на инциденты и сбои в процессе, предотвращая их и сокращая время между обнаружением проблемы и её решением. Это существенно повысит эффективность управления производственными процессами, минимизируя необходимость в человеческом участии и снижая вероятность ошибок. В результате, совместное размещение диспетчерской и производственной площадки станет неактуальным, что может изменить критерии выбора местоположения производств. Страны с дешевой рабочей силой будут утрачивать свое конкурентное преимущество, уступая место регионам с высоким уровнем инженерной подготовки. Этот сдвиг создаст новые возможности для стран, где сосредоточены квалифицированные кадры, что может привести к значительным изменениям в глобальных производственных цепочках.

Выводы. Цифровизация и эволюционные процессы оказывают значительное влияние на бизнес-модели предприятий, что приводит к необходимости пересмотра подходов к управлению человеческими ресурсами. Снижение транзакционных издержек посредством цифровизации и внедрения облачных технологий позволяет компаниям оптимизировать распределение задач, сосредоточив внимание на ключевых компетенциях, в то время как неосновные функции передаются внешним партнерам. Это создает гибкие, адаптивные и экономически эффективные организационные структуры, способные быстрее реагировать на изменения в рыночной среде.

Растущая роль платформ, основанных на данных и современных технологиях, изменяет традиционные модели концентрации экспертизы и компетенции в рамках одной организации, позволяя предприятиям более эффективно использовать внешние ресурсы и компетенции. В результате у организаций появляются новые возможности для стратегического партнёрства, интеграции инноваций и повышения операционной эффективности.

Кроме того, переход к экономике замкнутого цикла становится важным аспектом эволюции современных бизнес-моделей, поскольку минимизация использования ресурсов на протяжении всего жизненного цикла продукта (что соответствует большему упорядочиванию и снижению энтропии) на фоне глубокой экспертизы и специализации позволяет компании максимизировать ценности, которые она производит, а также способствует устойчивому развитию и высокой операционной эффективности. Компании, способные адаптировать свои бизнес модели под эту новую *парадигму «устойчивости и экспертизы»* обеспечат себе долгосрочные конкурентные преимущества в условиях цифровой эры.

Таким образом, изменения в бизнес-моделях предприятий под влиянием цифровизации создают предпосылки для изменения подходов к управлению человеческими ресурсами, где ключевыми аспектами становятся гибкость, адаптивность и стратегическое использование инноваций.

3.2. Эволюция HR-подходов: от человеческих ресурсов к управлению человеческим капиталом

Как мы анализировали ранее в первом разделе текущего исследования, в XX веке произошла трансформация подходов к управлению персоналом, обусловленная развитием психологии и социологии, что позволило учитывать более сложные мотивационные и социальные факторы. Теории Маслоу и Мэйо стали основой для новых моделей мотивации и управления, в которых сотрудники рассматривались не только как рабочая сила, но и как стратегический актив, требующий развития. Такие изменения способствовали созданию более гибких и гуманистических моделей управления, направленных на повышение вовлеченности сотрудников и их производительности. Этот сдвиг в подходе отражал понимание того, что грамотное управление человеческими ресурсами может быть конкурентным преимуществом для организаций.

Развитие технологий третьей промышленной революции значительно изменило подходы к управлению человеческими ресурсами. Технологические достижения, такие как компьютеры, автоматизация и интернет, радикально трансформировали характер труда и бизнес-процессов. В этот период управление персоналом вышло за рамки административных функций, таких как расчет заработной платы или управление льготами, и стало стратегическим инструментом управления талантами, планирования преемственности и повышения производительности. Компании стали инвестировать в системы управления персоналом (HRIS), что позволило автоматизировать рутинные процессы и сосредоточиться на развитии человеческого капитала, рассматривая его как основу для инноваций и роста (Obedgiu, 2017). Эти системы дали возможность управлять большими объемами информации о сотрудниках и повысили эффективность HR-отделов

Третья промышленная революция также внесла концептуальные изменения в понимание того, что знания и информация становятся основными экономическими ресурсами. (Schindler, 2003). Сдвиг в сторону экономики знаний означал, что интеллектуальный капитал стал ключевым фактором успеха. В результате компании стали осознавать необходимость непрерывного обучения и профессионального развития своих сотрудников, чтобы раскрыть их человеческий потенциал (Wang, 2020), поскольку инновации и быстрое развитие технологий требуют постоянного обновления навыков. В результате выросли инвестиции в программы профессионального обучения и развития (Irfan, 2019), где приоритетом стало развитие компетенций сотрудников и создание благоприятной среды для их роста. Такие перемены были вызваны необходимостью адаптации к изменениям в технологической

и экономической среде, где скорость обработки и передачи информации стала критическим фактором успеха.

Компании также столкнулись с вызовами глобализации, требующими создания новых моделей управления персоналом в условиях процессов международной миграции. Международные корпорации сталкиваются с необходимостью адаптировать свои HR-практики к различным социальным и культурным контекстам в разных странах (Banfield, 2018). Это потребовало разработки глобальных HR-политик и практик, учитывающих как локальную специфику, так и общекорпоративные цели (Morschett, 2010). В результате, необходимость учитывать культурные различия, законодательные нормы и социальные стандарты различных стран привела к развитию межкультурных компетенций и внедрению принципов разнообразия и инклюзивности в кадровые стратегии. Глобализация требует от компаний разработки гибких и адаптивных моделей управления человеческим капиталом, способных эффективно функционировать в международном контексте. HR-менеджеры стали играть ключевую роль в глобальных бизнес-моделях, обеспечивая эффективное управление международными командами и адаптацию к различным правовым и культурным средам.

В последние годы постепенно меняются приоритеты в мотивации. Так для людей, которые активно используют ИИ на работе, среди ключевых ценностей наибольшее значение имеет значимая работа, заботливые лидеры, здоровье и благополучие и только после этого – высокая оплата труда (Camp, 2024). В связи с этим трендом изменилась и организация рабочего процесса, сдвигая акцент с фиксированного рабочего места на гибкие формы занятости и дистанционную работу. Пандемия COVID-19 привела компании к необходимости разработки инновационных способов взаимодействия с персоналом в условиях удаленной работы, что поспособствовало выработке и приобретению новых навыков (Jampala, 2021). Информационные технологии позволили сотрудникам работать независимо от офиса, а производительность стала измеряться достижением конкретных результатов, а не количеством отработанных часов (Walentek, 2020). Это потребовало новых подходов к управлению производительностью и адаптации HR-функций к условиям гибкой занятости, где результаты и компетенции сотрудников стали важнее их присутствия на рабочем месте.

Таким образом, управление персоналом в период третьей промышленной революции прошло путь от традиционных административных функций к стратегическому управлению интеллектуальным капиталом и развитием человеческих ресурсов. Этот период ознаменовался появлением новых методов управления, где гибкость, адаптация к изменениям и постоянное обучение стали критически важными для успеха компании. В условиях ускоряющейся цифровизации, автоматизации и глобализации роль HR как стратегического партнера компании выросла.

С начала 2000-х годов методы управления персоналом в организациях отличались относительной простотой. В течение более двух десятилетий многонациональные компании, как правило, внедряли комбинацию HR-бизнес-партнеров, центров передового опыта и общих центров обслуживания персонала, адаптируя эти три компонента к специфике и потребностям каждой организации (Ulrich, 1996; Lust, 1998). Однако в настоящее время данный подход, впервые предложенный Дэйвом Ульрихом в 1996 году, претерпевает быстрые изменения и эволюционирует в ответ на новые вызовы и требования рынка.

Компании сталкиваются с необходимостью пересмотра своих HR-функций, чтобы более эффективно реагировать на вызовы, связанные с цифровизацией, гибридными формами занятости и изменениями в составе рабочей силы, такими как рост доли сотрудников из поколения миллениалов. Выявленные McKinsey пять архетипов HR-моделей демонстрируют эволюцию стратегий управления персоналом, адаптированных к новым реалиям бизнеса. Эти модели формируются в ответ на значительные изменения в бизнес-среде и мировом контексте, включая возросшие геополитические риски (Durth, 2022).

Первая модель — "Ульрих+" — представляет собой адаптацию классической модели Дэйва Ульриха, в которой HR-бизнес-партнеры не только разрабатывают функциональные направления, но и частично принимают на себя задачи, ранее выполнявшиеся центрами передового опыта (CoE). В этой

модели роль CoE сокращается до небольших команд экспертов и избранных HR-бизнес-партнеров, работающих при поддержке глобальных бизнес-сервисов и основанных на цифровых операционных платформах.

Несмотря на адаптацию, многие директора по персоналу считают, что классическая модель Ульриха уже не соответствует современным требованиям управления персоналом. HR-бизнес-партнерам часто не хватает времени и компетенций для того, чтобы следить за последними разработками в области HR. Негибкие структуры CoE затрудняют оперативное реагирование на вызовы, в то время как другие организационные функции становятся более гибкими и адаптивными. Особенно с этими проблемами сталкиваются многонациональные компании с устоявшимися и стабильными бизнес-моделями, где данный подход показывает свои ограничения.

Гибкая модель управления персоналом (Agile) ориентирована на уменьшение количества HR-бизнес-партнеров, сосредотачиваясь на консультировании высшего руководства. В то же время, специалисты центров передового опыта (CoE) концентрируются на таких ключевых направлениях, как анализ данных и аналитика, стратегическое планирование трудовых ресурсов, а также продвижение принципов разнообразия и инклюзивности. Бывшие HR-бизнес-партнеры интегрируются для реализации кросс-функциональных проектов, что способствует повышению гибкости и скорости адаптации организации к изменениям.

Таким образом такой подход ускоряет работу HR-функции в компаниях в ответ на растущее внимание бизнеса к оперативной реализации стратегий. Это позволяет избежать того, чтобы HR стал препятствием для быстрой трансформации компании. Гибкие методологии управления персоналом часто внедряются в организациях, которые переживают быстрый рост или сталкиваются с дисбалансами в бизнес-процессах, требующими оперативного реагирования.

Третья модель, "EX-драйв", направлена на создание конкурентного преимущества для HR-руководителей через формирование пути Employee Experience (EX) мирового уровня. Придание приоритетного значения EX предполагает выделение непропорционально больших ресурсов компаниям на ключевые преимущества для сотрудников, «которые имеют для них значение». В рамках этой модели специалистам в области HR, ИТ и операционного управления предоставляется полная ответственность за совместное планирование, разработку и развертывание критически важных процессов, таких как адаптация новых сотрудников.

Создание EX мирового уровня позволяет HR-функции стать двигателем в устранении кросс-функциональных разрывов и решении проблемы фрагментации данных и процессов, от которой страдают многие современные организации. Модель EX-драйв особенно актуальна для компаний, которые в значительной мере зависят от своих ключевых талантов, обладающих ограниченным, но четко определенным набором компетенций. Эти компании сильно зависят от своих ключевых талантов и поэтому стремятся обеспечить им максимальный комфорт и учитывать их все потребности и желания.

Модель "Бизнес-руководимый" предполагает передачу ответственности за управление персоналом на сторону бизнеса. В рамках этой модели директора по персоналу (CHRO) делегируют такие функции, как найм, адаптация и управление бюджетами развития, линейным менеджерам, предоставляя им необходимые HR-инструменты и поддержку бэк-офиса. Эта модель требует стратегического подхода к пересмотру тех HR-политик, которые не являются обязательными в соответствии с законодательством, таким образом позволяя их адаптировать под потребности бизнеса.

Основной причиной внедрения данного архетипа является медленная реакция HR-служб, чрезмерный надзор и недостаток деловой компетенции, что побудило некоторые компании предоставить линейным менеджерам больше автономии в принятии решений, связанных с управлением персоналом. Компании, рассматривающие внедрение этой модели, как правило, характеризуются высокой долей сотрудников, занятых в сфере исследований и разработок, где необходима большая гибкость и оперативность в управлении человеческими ресурсами.

Пятая модель «Цифровой привод» предполагает активное использование алгоритмов, в том числе алгоритмов ИИ, для отбора талантов, оценки индивидуальных потребностей в развитии и анализа причин прогулов и текучести кадров. Это позволяет HR-специалистам сосредоточиться на предоставлении сотрудникам рекомендаций и поддержки, освобождая их от рутинных задач. В условиях, когда цифровизация охватывает все аспекты бизнеса, включая HR, директора по персоналу стремятся использовать возможности глубокой аналитики, искусственного интеллекта и машинного обучения для повышения качества принимаемых решений.

Компании, внедряющие эту модель, часто имеют значительное число сотрудников, относящихся к категории цифровых аборигенов, то есть тех, кто вырос в эпоху цифровых технологий и обладает высокой степенью технологической грамотности. Однако, в середине 20х годов XXI века, HR-функции большинства организаций сталкиваются с необходимостью развивать аналитические компетенции и проводить переквалификацию персонала, чтобы адаптироваться к новым требованиям и использовать потенциал современных технологий для управления персоналом.

Таким образом, цифровые технологии и искусственный интеллект оказали революционное влияние на управление человеческими ресурсами (Yang, 2024). В результате можно выделить следующие ключевые вызовы, с которыми сталкивается современная функция управления человеческими ресурсами в условиях Четвертой индустриальной революции:

- Снижение приверженности к долгосрочной работе в одной компании: в условиях ГИК экономики (основанной на знаниях, инновациях и креативности) люди становятся менее мотивированы работать на одном месте в течение длительного времени (Narozhnaya, 2024). Изменение отношения к работе также связано с новыми ценностями у сотрудников (особенно среди молодых поколений), которые стремятся к балансу между работой и жизнью, гибкости и личностному развитию. Это требует адаптации HR-стратегий к индивидуальным потребностям сотрудников, как компании адаптируют свои продукты к индивидуальным потребностям клиентов;

- Дефицит специалистов с современными навыками: недостаток квалифицированных кадров, особенно с цифровыми навыками, усиливает конкуренцию за таланты, что требует новых методов в подборе и удержании сотрудников, а также развития внутренней системы обучения и развития, вместо того, чтобы полагаться только на поиск готовых специалистов;

- Необходимость перераспределения полномочий: чтобы повысить гибкость организации, требуется эффективное распределение полномочий и ответственности между центральными и периферийными отделами. Но кроме этого важно развивать культуру ответственности и автономии на всех уровнях компании, чтобы поддерживать инновации и оперативность;

- Ускоренное развитие технологий: технологии обновляются быстрее, чем сотрудники успевают их освоить, что создает необходимость новых подходов к обучению и профессиональному развитию с максимально быстрым применением на практике, чтобы поддерживать необходимую компетентность работников.

Успешно справиться с этими вызовами могут помочь ключевые тренды, которые развиваются в наши дни.

1. *Данные становятся основным ресурсом для принятия решений*, и HR-функция не является исключением. Аналитика HR позволяет не только отслеживать традиционные показатели (например, текучесть кадров или продуктивность сотрудников), но и прогнозировать поведенческие тренды, выявлять потенциальные риски, такие как уход ключевых сотрудников, и планировать потребности в новых навыках. Примером является использование People Analytics для анализа вовлеченности сотрудников, определения факторов, влияющих на их производительность, и построения предсказательных моделей для планирования кадровой политики (Muhammad, 2022). Исследования показывают, что аналитика вовлеченности сотрудников стала стандартным современным подходом в управлении персоналом, интегрируя данные о вовлеченности с другими HR и не-HR данными для принятия стратегических решений (Jaiwant, 2023). Компании, которые успешно используют данные для принятия HR-решений, получают возможность более точной оценки и распределения своих человеческих

ресурсов в соответствии с потребностями бизнеса. Например, анализ больших данных может быть использован для прогнозирования потребностей в персонале в условиях роста компании или для анализа того, как изменения в экономике влияют на производительность сотрудников. Современные технологии, такие как HR-аналитика и метавселенная, также используются для повышения вовлеченности сотрудников и снижения текучести кадров (Rathi, 2024)

2. *Современные HR-системы*, такие как системы управления талантами и HRIS, интегрируют технологии ИИ и машинного обучения для выполнения ряда задач, включая подбор персонала, адаптацию, оценка эффективности сотрудников, анализ компенсаций и системы обучения (Votto, 2021). Эти технологии позволяют организациям оптимизировать процессы HR, сократить ручной труд, повысить точность и эффективность управления персоналом, улучшить процесс принятия решений и получить конкурентное преимущество (Abuhantash, 2023). Алгоритмы могут анализировать резюме, проводить первичную оценку кандидатов, выявлять их соответствие корпоративной культуре и прогнозировать успех будущих сотрудников. Это освобождает HR-специалистов от рутинных задач, позволяя им сосредоточиться на более стратегических инициативах.

3. Современные системы управления персоналом всё больше ориентируются на *человекоцентричный подход*, уделяя внимание созданию экосистемы, способствующей вовлеченности сотрудников. Исследования показывают, что компании уделяют повышенное внимание таким аспектам, как вовлеченность сотрудников, управление талантами и создание позитивной рабочей среды. Согласно одному из исследований, сотрудники, работающие в благоприятной и поддерживающей рабочей среде и чувствующие себя вовлеченными в работу, как правило, более преданы делу, продуктивны, удовлетворены и мотивированы (Azizah, 2024). Вовлеченность — это не просто удовлетворенность работой, а глубокая приверженность целям компании и желание способствовать её успеху. Для этого важно обеспечивать безопасную рабочую атмосферу, открытое общение, признание вклада сотрудников и предоставление обратной связи. Человекоцентричные компании, заботящиеся о благополучии работников, получают более мотивированных и лояльных сотрудников. Важную роль также играет управление впечатлениями, включая проведение exit-интервью, что помогает выявлять проблемы и сохранять позитивные отношения с уходящими сотрудниками. Акцент на благополучии сотрудников, их вовлеченности и развитии, способствует созданию позитивной рабочей культуры, благоприятной для инноваций и успеха в цифровую эпоху (Shukla, 2024). Такой подход не только повышает эффективность HR-функций, но и трансформирует организационную культуру в целом, делая ее более адаптивной и ориентированной на человека.

4. *Система обучения* в организациях претерпевает значительные изменения. Традиционная модель ученичества, которая ранее эффективно развивала ограниченное количество работников с хорошо понятными навыками, уже не соответствует масштабам и скорости, требуемым для современного обучения большого числа сотрудников. В современных условиях установление эффективного взаимодействия между людьми и машинами стало критически важным для компаний (Chowdhury, 2020). Однако эта задача теперь может быть решена благодаря более доступным и недорогим инструментам для переподготовки. Онлайн-курсы и платформы иммерсионного обучения, такие как виртуальная (VR) и дополненная реальность (AR), геймификация и симуляционные модели, предоставляют возможность непрерывного повышения квалификации без необходимости отрыва от производственных процессов. Виртуальные учебные среды не только снижают временные и финансовые затраты на обучение, но и повышают безопасность, исключая риски для работников и оборудования. Кроме того, они улучшают коммуникацию и мотивацию сотрудников, предлагая возможности для совместного обучения в интерактивных условиях (Longo, 2020; Yin, 2020; Zhang & Chen, 2020; Ghobakhloo, 2021). Генеративный ИИ расширяет эти возможности, предоставляя персонализированные программы обучения и облегчая доступ к специализированным тренингам по всему миру. В связи с этим, возникает вопрос о необходимости многолетних магистерских степеней как индикатора

навыков. Многие эксперты предлагают переход к *подходу обучения, основанному на навыках*, который позволит ускорить процесс подготовки и переквалификации работников, снизить расходы и увеличить охват персонала.

5. *Предприятия начинают управлять не только людьми, но и роботами и системами искусственного интеллекта*, которые становятся полноценными членами команд, возникает новый тип капитала — гибридный интеллектуальный капитал, который мы рассмотрели в первой части текущего исследования. Эта концепция объединяет человеческие ресурсы, роботов и ИИ, которые совместно участвуют в процессах принятия решений и выполнении задач. Возможности и вызовы, которые возникают в связи с этим мы рассмотрим далее.

Выводы. В XX веке управление персоналом прошло значительную трансформацию — от выполнения административных функций к стратегическому управлению человеческими ресурсами. Важную роль в этом процессе сыграло развитие теорий мотивации и социальной психологии, которые помогли рассматривать сотрудников не просто как ресурс, но как ключевой актив организации. В условиях Третьей промышленной революции интеллектуальный капитал стал основным фактором успеха компаний, что подчеркнуло важность постоянного обучения и профессионального развития.

Автоматизация и внедрение информационных технологий радикально изменили HR-практики. Системы управления человеческими ресурсами (HRIS) позволили автоматизировать рутинные задачи и сосредоточиться на стратегических аспектах, таких как развитие талантов. Переход к экономике знаний укрепил роль интеллектуального капитала как основы конкурентоспособности, что потребовало увеличения инвестиций в обучение сотрудников для адаптации к стремительным изменениям в технологиях.

Глобализация привела к необходимости адаптировать HR-стратегии под культурные различия и международные контексты. Успешное управление разнообразными командами стало важным фактором для международных корпораций. Пандемия COVID-19 ускорила распространение гибких форм занятости и удаленной работы, что потребовало новых подходов к оценке результативности сотрудников, ориентированных на достижения, а не на фиксированное рабочее время.

С началом Четвёртой промышленной революции возникли новые вызовы, такие как дефицит цифровых навыков и быстрое развитие технологий. Это потребовало внедрения гибких методов управления персоналом и использования данных для принятия решений. Новые модели, такие как «гибкая модель» и «ЕХ-драйв», ориентированы на повышение гибкости HR-функций и использование технологий для улучшения опыта сотрудников. Алгоритмы ИИ и аналитика играют ключевую роль в процессах подбора, оценки и планирования развития кадров.

Современные компании делают акцент на вовлеченности сотрудников и создании позитивной рабочей среды, что способствует удержанию талантов и повышению конкурентоспособности. Успешная адаптация HR-функций к вызовам цифровой эпохи требует интеграции технологических инноваций с фокусом на человеческий капитал, что является ключевым фактором устойчивого развития организаций в условиях глобальной конкуренции.

3.3. Человек и искусственный интеллект: качество работы, предвзятость и этические вызовы

Рассмотрим технологию генеративного искусственного интеллекта и оценим его современные возможности. Насколько эффективно генеративный ИИ интегрируется в бизнес-процессы, и как его производительность соотносится с результатами, достигаемыми сотрудниками? Какие результаты данный ИИ может генерировать, и в каком качестве они могут быть использованы? Эти вопросы требуют глубокого анализа, поскольку качество и практическая полезность решений, предлагаемых генеративным ИИ, остаются основными факторами, определяющими целесообразность его внедрения в корпоративную среду.

Одной из ключевых проблем, связанных с применением генеративного ИИ в бизнесе, является качество его результатов. Оно определяется множеством факторов, влияющих на надежность и применимость данных решений в реальных условиях. Следует подчеркнуть, что эти факторы охватывают как технические, так и этические аспекты работы ИИ. Рассмотрим наиболее значимые переменные, оказывающие влияние на качество решений, создаваемых генеративным искусственным интеллектом.

- Уровень галлюцинаций. Галлюцинации в контексте генеративного ИИ представляют собой создание результатов, которые могут казаться правдоподобными, но не имеют опоры на фактическую реальность или нарушают существующие физические, моральные и этические нормы. Подобные отклонения могут приводить к дезинформации и возникновению потенциально негативных последствий для бизнеса.

- Надежность и точность. Вопросы точности и достоверности информации, генерируемой ИИ, актуальны ввиду архитектурных особенностей современных моделей. Нестабильность выводов, выраженная в предоставлении различных ответов на идентичные запросы, порождает сомнения в их использовании для принятия управленческих решений и выстраивания стратегий.

- Предвзятость, справедливость и дискриминация. Модели ИИ могут быть подвержены влиянию предвзятости, обусловленной как характеристиками исходных данных, на которых они обучены, так и особенностями алгоритмов, разработанных людьми. Это может привести к воспроизведению стереотипов, несправедливому отношению и дискриминации, что особенно важно в контексте принятия решений, связанных с управлением персоналом или клиентами.

- Токсичность циклов обучения. Одной из проблем обучения ИИ является ограниченность и повторяемость предложений, основанных на предсказуемых предпочтениях пользователя. Примером такого явления является рекомендация товаров в онлайн-магазинах: алгоритм может предлагать те продукты, которые соответствуют предыдущим выборам пользователя, не предлагая ему более полезные или релевантные варианты. Это ведет к созданию информационных пузырей, снижению разнообразия решений и, как следствие, к ухудшению общей эффективности процессов.

- Объяснимость выводов. Для успешной интеграции ИИ в бизнес-процессы важно, чтобы сгенерированные результаты были объяснимы и соответствовали логике человеческого мышления. Это подразумевает необходимость ясных причинно-следственных связей между различными этапами рассуждений ИИ, что позволит бизнесу доверять его выводам и принимать на их основе обоснованные решения.

Существует мнение, чтобы ИИ считался качественным, ему не обязательно вести идеальные разговоры и давать идеальные ответы, а в обеспечении умного и оперативного реагирования на запросы пользователя. ИИ должен быстро анализировать ситуацию во внешней среде, точно идентифицировать проблему и предлагать релевантные решения, обеспечивая при этом эффективное взаимодействие и высокую степень полезности. Однако, в зависимости от сферы применения, процессов величина погрешности в точности ответов может быть разной. Для оценки эффективности выполнения задач человеком и искусственным интеллектом полезно провести сравнительный анализ качества результатов. Человек может не справиться с поставленной задачей в срок или с требуемым качеством по ряду причин:

- Не понятность задачи; сложности, связанные с разными картинками мира у руководителя и исполнителя или проблемы в коммуникации, в том числе избыточный контроль;

- Перегрузка сотрудника другими задачами; недостаточный ресурсов для выполнения задачи или их временная недоступность;

- Недостаток знаний по теме;

- Отсутствие опыта и необходимых навыков для выполнения задачи в рамках качественных показателей и срочности;

- Низкий приоритет задачи и проблемы с тайм-менеджментом;

- Отсутствие намерения изначально выполнять задачу, то есть отсутствие внутренней мотивации, вызывающее апатию к задаче;
- Стресс, усталость, эмоциональное выгорание или другие личные проблемы, жесткие дедлайны могут снизить производительность и внимание к деталям;

Руководитель, поручающий задачу, обычно рассчитывает на то, что сотрудник выполнит её максимально качественно в меру своих возможностей. Однако восприятие задачи сотрудником может существенно отличаться от ожиданий руководства, и мотивация играет здесь ключевую роль. ИИ, в отличие от человека, лишён проблем с мотивацией, приоритетностью, и эмоциональной нагрузкой — его результаты зависят исключительно от заложенных алгоритмов и доступных ресурсов. В этом заключается его преимущество: выполнение задач ИИ не зависит от субъективных факторов, таких как желание или приоритеты. Тем не менее, требования к качеству выполнения задач ИИ зачастую выше, чем к человеку, что можно рассматривать как проявление предвзятости. Это связано с тем, что люди либо имеют завышенные ожидания от ИИ, либо проявляют чрезмерную снисходительность к своим коллегам, полагая что те будут так же снисходительны к ним. В результате такое поведение создает порочную «круговую поруку» и низкое качество выполняемых работ.

Покажем на примере, как проявляется предвзятость по отношению к ИИ. Вопрос о внедрении автономных автомобилей требует анализа в контексте их потенциальной эффективности по сравнению с человеческим вождением. Следует отметить, что ежегодно в США из-за ошибок водителей погибает около 43 000 человек. Один из способов оценить перспективы автономных транспортных средств — это выделить ключевые аспекты проблемы. Например, можно сопоставить сложности, возникающие при управлении грузовиками на дальние расстояния и при вождении на узких улицах городов. Очевидно, что наиболее вероятным сценарием первоначального использования является внедрение автономных технологий в сфере дальних грузоперевозок, поскольку их условия менее сложны по сравнению с вождением в плотной городской среде. Здесь важно учитывать не только статистическую безопасность по сравнению с человеческим вождением, но и *восприятие обществом уровня риска*. Пример авиации демонстрирует, что, несмотря на чрезвычайную безопасность воздушных перевозок, общественность требует предельных мер безопасности, даже если по статистике поездка на автобусе или поезде более опасна. Таким образом, для автономных транспортных средств важно не только статистическое превосходство над человеческим управлением, но и принятие обществом. Если даже автономные автомобили окажутся в среднем куда безопаснее, чем управляемые человеком, общество, вероятно, не согласится с возможностью смертельных исходов из-за действий машин и роботов, что ставит вопрос о достаточности технологических достижений в этой области. Очень может быть, что полностью автономные транспортные средства будут применяться в ограниченных сферах, таких как например, сельское хозяйство и использование тракторов на безлюдных полях. (Ransbotham, 2024)

Вышеуказанные примеры показали, что для улучшения качества модели ИИ очень важна сфера применения модели, которая в том числе зависит от предвзятости, которая есть в наличии в модели ИИ, и эта предвзятость может быть различной для разных групп стейкхолдеров. Даже инженеры, которые строят ИИ, не утверждают, что понимают их полностью или знают, как их предсказывать или контролировать. LLM сложны, но не их техническая сложность делает аудит в части справедливости их решений проблемой. Аудит предвзятости ИИ сложен сам по себе еще тем что существует бесчисленное множество вариантов и сфер использования ИИ. Аудита ИИ возможен при знании полного варианта его использования: как используется технология, кем и для кого, и с какой целью. Для этого важно понимать перечень заинтересованных сторон и какие риски предвзятости могут быть по отношению к каждой из этих заинтересованных сторон. Все эти компоненты можно увязать в *этической матрице* (O’Neil, 2024).

Этическая матрица определяет заинтересованных лиц алгоритма в контексте его предполагаемого использования и того, как они, вероятно, будут затронуты им. Следует использовать широкий подход: все, кого затрагивает алгоритм, включая его создателей и разработчиков, пользователей и

другие сообщества, потенциально затронутые его принятием, являются заинтересованными лицами. Когда подгруппы имеют различные опасения или ожидания от работы ИИ, их можно рассматривать отдельно; например, если у людей с более светлой и более темной кожей разные опасения по поводу алгоритма распознавания лиц, у них будут отдельные строки в Этической матрице

На одной оси отображаем всех стейкхолдеров. Вторая ось этической матрицы будет состоять из событий/ошибок, которые выдает нейронная сеть. На пересечении получаются ячейки, в которых описывается опасение-выгоды, которые получают заинтересованные стороны при срабатывании события/ошибки, а цветом отмечается оценка заинтересованной стороной величины влияния – желательность или не желательность для заинтересованной стороны наступления конкретного события. При этом красный – серьезный урон заинтересованной стороне или жесткое нарушение правила; желтый – незначительные негативное влияние на заинтересованную сторону; а зеленый – позитивное влияние на заинтересованную сторону или соответствие ее ожиданию. Пример упрощенной матрицы при принятии решения о компенсации за утерянную посылку может выглядеть согласно таблице 2.

Таблица 2. Модель этической матрицы при ошибках ИИ в компенсации утерянных посылок почтовым оператором

		События / ошибки	
		Посылка утеряна, но компенсация не назначена	Посылка не утеряна, но компенсация назначена
Стейкхолдеры	Почтовый оператор	Репутационные риски надежной компании	Дополнительные затраты в компенсации, и утилизации найденной посылки и не довольный клиент
	Добросовестный отправитель	Не получение своей посылки, на которую рассчитывает и еще и нет компенсации	Получение компенсации в обмен на свою посылку
	Не добросовестный отправитель		Получение несправедливой выгоды за «мусорную отправку»

Составлено автором самостоятельно

Далее для работы с событиями / ошибками, оцениваем вероятность того, что это событие будет реализовано, сколько людей пострадают и насколько сильно. Выводим интегральный показатель потенциального урона от ИИ для выбранного события при работе ИИ путем умножения величины риска на коэффициент цвета ячейки (1 = красный, 0.5 – желтый, 0.2 – зеленый). Дополнительно учитываем наличие формальных правовых или процедурных ограничения — например, существует ли закон, запрещающий дискриминацию на основе определенных характеристик. В случае наличия таких ограничений корректируем интегральный показатель потенциального урона на поправочный коэффициент (который может лежать в границах от 1 до 2).

Рассматривая всю этическую матрицу в целом, необходимо провести ее балансировку учитывая конкурирующие интересы различных заинтересованных сторон. Это лучше сделать с учетом интегральных показателей потенциального урона в форме балансировки различных видов и последствий ошибок, которые выпадают на долю различных групп заинтересованных сторон.

Этическая матрица должна быть динамическим документом, отражающим постоянный диалог между заинтересованными сторонами. Она должна быть впервые составлена на этапе проектирования и разработки алгоритма или, как минимум, при его развертывании, с последующим регулярным пересмотром. Первоначально может быть неочевидно, кто входит в группы заинтересованных сторон, и не всегда возможно учесть каждую точку зрения; кроме того, со временем могут возникать новые проблемы. Например, могут появиться мнения людей, которые испытывают косвенные эффекты от алгоритма, или группы с новыми опасениями, требующими пересмотра этической матрицы.

Многие из проблем заинтересованных сторон, выявленных в Этической матрице, относятся к некоему понятию «контекстуальной справедливости», то есть «справедливостью» в конкретном уз-

ком контексте. Например, при приеме на работу и отсеивании резюме, определение «одинаково квалифицированный» зависит от контекста будущей работы. В академической среде соответствующие квалификации могут включать научные степени, проекты и публикации в журналах Scopus и Web of Science; для пожарников и полицейских уровень квалификации может определять физическая сила, здоровье, выносливость и ловкость. Поэтому, если одна из групп людей в среднем больше набирает баллов в силе (мужчины) или в количестве статей (женщины), то можно говорить о контекстуальной справедливости, а не предвзятости, если в первом случае будет больше отдаваться предпочтения мужчинам, а в другом случае – женщинам. Это факторы, которые можно было бы законно учитывать при оценке кандидата и искусственным интеллектом на определенную роль. Два кандидата на работу считаются одинаково квалифицированными, если они выглядят одинаково в соответствии с этими законными факторами конкретной специальности (конкретного контекста работы). Таким образом можно говорить не о дискриминации, а о объясняемой справедливости.

Для разнородных результатов, которые дает модель ИИ и которые не объясняются законными факторами контекстуальной справедливости, необходимо определить пороговые значения или пределы, которые должны вызывать корректирующую реакцию или вмешательство со стороны человека-эксперта. Эти ограничения могут быть фиксированными, как например правило 4/5 (Thompson, 2023) или относительными и, например, сравниваться со средними результатами в отрасли. Объяснимая справедливость не настаивает на определенном типе ограничения, а побуждает менеджера по рискам и контролю ИИ определять каждое ограничение для каждого потенциального вреда заинтересованной стороны.

Другим вариантом улучшения качества ответов моделей ИИ можно применить концепцию, опирающуюся на использование экспертизы и специализированных знаний, который можно назвать как модель экспертной обратной связи. Для повышения качества обучающей выборки и отклика модели, обратную связь должны предоставлять не все пользователи, а признанные эксперты. Это может быть реализовано по типу системы Википедии, но с жесткими критериями отбора экспертов. Экспертами могут считаться лица с научной степенью или высокой квалификацией (подтвержденными навыками) в конкретной области знаний. Такой подход ограничит риск того, что неквалифицированные пользователи ухудшают модель своей обратной связью. Что касается самих экспертов, то для них можно было бы организовать рейтинг, где эксперты оценивают друг друга с точки зрения полезности и ценности ответов для доработок моделей искусственного интеллекта. Эта геймифицированная система будет стимулировать экспертов активно участвовать в улучшении модели, поддерживая высокие стандарты профессионализма. Это позволит отслеживать, кто из экспертов действительно способствует повышению качества модели и каких результатов удается достичь благодаря их вкладу.

Другим вариантом улучшения качества ИИ может служить "Банк знаний" от признанных экспертов. Вместо того чтобы модель ИИ обращалась к интернету для поиска информации, она могла бы использовать специально созданный "банк знаний". Этот "банк" будет пополняться проверенными данными, определенным образом помеченными от признанных экспертов. Эксперты будут добавлять новые данные и информации в этот банк, получая за это определенную форму мотивации. Такой подход гарантирует, что модель опирается только на высококачественные и проверенные данные. Вовлечение экспертов может быть усилено через механизмы геймификации. Например, экспертам можно предоставлять особые статусы или награды за успешное участие в обучении модели. Это может привлечь внимание специалистов, особенно тех, кто заинтересован в увековечении своего имени в ИИ, что может восприниматься как достижение бессмертия знаний и идей.

Для публичной демонстрации уровня качества модели компании могут использовать маркетинговые стратегии, заявляя о том, что в их продукте применяются знания и опыт известных личностей или признанных экспертов. Такой подход создаст уникальное конкурентное преимущество и подчеркнет, что решения, которые предлагает ИИ, базируются на глубоком анализе, подтвержденном специалистами. Для будущих пользователей модели ИИ это предложение может быть привлекательным, по-

сколько они смогут пользоваться идеями и решениями "титанов" — экспертов, чьи знания и достижения имели значительное влияние в их время. В долгосрочной перспективе это может стать основой для создания огромного симбиоза знаний, собранных из ведущих университетов и исследовательских институтов мира. Такой банк знаний станет уникальным источником для обучения модели и позволит значительно ускорить прогресс общества, сохранив важнейшие идеи и гипотезы для будущих поколений. В любом случае идеи требуют дальнейшего изучения и разработки, особенно в плане создания устойчивой и мотивирующей системы взаимодействия экспертов с ИИ, что может существенно повысить качество интеллектуальных систем.

С точки зрения «объяснимости» больших языковых моделей, если модель является действительно открытой, то можно было бы ввести концепцию своеобразной «конституции» — набора правил, которые модель гарантированно не нарушает при генерации ответов и выполнении промежуточных шагов поиска информации. Такой набор этических норм и политик, представленный в виде структурированного документа объемом до сотни страниц, мог бы быть доступен для глубокого понимания людьми, осмысления и корректировки специалистами. Это позволило бы обеспечить определённый уровень качества работы модели и гарантировать её соответствие установленным стандартам.

Еще в вопросах предвзятости. Если же сравнивать объяснимость работы ИИ с объяснимостью человеческого мозга, то ИИ, вероятно, обладает преимуществом. Восприятие процессов в человеческом мозге зачастую сводится к идее, что информация поступает, затем происходит некая обработка, после чего формируется результат. Однако, с сегодняшней точки зрения, человеческий мозг скорее можно считать «черным ящиком», в большей степени, чем ИИ. В случае с системой искусственного интеллекта мы можем с высокой точностью отслеживать циркулирующую информацию, вычислительные процессы и, в конечном итоге, выходные данные. Такой уровень детализации и прозрачности недостижим для анализа работы мозга. Даже если полная объяснимость ИИ не будет реализована в ближайшее время, можно сосредоточить усилия на понимании границ применения технологии: в каких областях её использование принесет наибольшую пользу и в каких случаях её внедрение может быть неоправданным или нецелесообразным.

Возможным вариантом получения максимального результата является разделение функций между людьми и ИИ с последующим созданием симбиоза: ИИ берёт на себя задачи, связанные с накоплением и применением знаний, навыков, а также генерацией идей, в то время как человек сосредотачивается на постановке целей, принятии решений, волевым продвижении к результату и решении проблемных ситуаций. При этом роль сотрудника-эксперта остаётся важной, поскольку он контролирует промежуточные и финальные результаты. Кроме того, для достижения общей цели необходимо эффективно интегрировать и координировать работу различных сотрудников и подразделений. Практика показывает, что взаимодействие людей в рамках организации может быть неэффективным: сотрудники по-разному воспринимают цели организации и собственные задачи, имеют разные личные цели и представления о мире. В результате им приходится постоянно договариваться и искать компромиссы, что иногда идёт вразрез с интересами компании. ИИ как координатор взаимодействия людей и / или других субъектов с технологией ИИ может стать объектом отдельного исследования.

Выводы. Сравнительный анализ генеративного искусственного интеллекта и человека как исполнителя задач в бизнес-процессах показывает значительные различия в их возможностях и ограничениях. ИИ предлагает объективность и непрерывную производительность, что исключает такие человеческие факторы, как усталость, мотивация или стресс. Это делает ИИ эффективным инструментом в задачах, где требуется быстрое реагирование, анализ данных и генерация решений. Однако, качество результатов, получаемых с помощью ИИ, подвергается влиянию таких факторов, как уровень галлюцинаций (выдача некорректных данных), точность ответов, предвзятость в обработке информации и объяснимость выводов.

Важным аспектом является предвзятость, проявляемая не только в самих моделях ИИ, но и в отношении к ним со стороны пользователей. Люди часто ожидают от ИИ идеальных решений, предъявляя к нему более высокие требования, чем к человеку. Это создаёт ситуацию, в которой ошибки ИИ воспринимаются острее, чем аналогичные ошибки сотрудников. В то время как люди могут допускать неточности по ряду субъективных причин (недостаток мотивации, стресс, выгорание), к ИИ предъявляются более жёсткие требования по качеству, что усиливает предвзятость в его оценке. Таким образом, для эффективного внедрения ИИ необходимо не только улучшение его алгоритмов, но и правильное управление ожиданиями, чтобы избежать чрезмерных требований к технологиям.

Для эффективного анализа и устранения предвзятости, связанной с использованием ИИ, полезным инструментом является этическая матрица, которая помогает структурировать взаимодействие различных заинтересованных сторон с алгоритмами ИИ. Этическая матрица позволяет учитывать риски и выгоды для всех стейкхолдеров, включая разработчиков, пользователей и конечных потребителей, а также описывает возможные последствия ошибок ИИ для каждой группы. Такой подход позволяет заранее определить зоны повышенного риска, где ошибки ИИ могут нанести серьёзный ущерб, и, таким образом, своевременно внедрить механизмы корректировки и контроля. Этическая матрица, как динамический инструмент, помогает учитывать меняющиеся потребности и ожидания участников бизнес-процессов и способствует более справедливому и прозрачному внедрению ИИ в компании.

Таким образом, цифровая трансформация предприятий с использованием ИИ требует не только технической оптимизации алгоритмов, но и учёта этических и социальных аспектов. Разработка гибридных моделей взаимодействия ИИ и человека, внедрение этических матриц для оценки влияния ИИ на различные группы стейкхолдеров, а также управление ожиданиями по отношению к ИИ — все эти меры необходимы для эффективного использования технологий. Только комплексный подход позволит минимизировать риски, улучшить качество решений и создать условия для безопасной и успешной цифровой трансформации бизнес-моделей. Сравнение ИИ с сотрудниками-людьми также подчёркивает важность разработки гибридных моделей, в которых сильные стороны ИИ и человека дополняют друг друга, обеспечивая наилучшие результаты для бизнеса.

3.4. Гибридный интеллектуальный капитал: возможности, вызовы и перспективы

Гибридный интеллектуальный капитал (ГИК) предприятий представляет собой следующую ступень эволюции человеческого капитала, включающую в себя роботов и искусственный интеллект. ГИК охватывает как автономно функционирующих сотрудников, так и взаимодействие людей с ИИ и роботизированными системами, а также автономных агентов ИИ и роботов. Наличие этого капитала открывает предприятиям новые возможности для создания конкурентных преимуществ, таких как ускорение разработки новых продуктов, персонализация предложений для клиентов и повышение качества продукции. Потенциал ГИК следует анализировать в контексте изменений подходов в управлении и выгод для предприятия.

— *Повышение производительности и эффективности.* ИИ и роботы могут выполнять рутинные задачи намного быстрее и точнее, чем люди, будь то задачи физического труда или умственного. Роботам и агентам ИИ не нужна мотивация, они просто выполняют заданную программу или запрос. Перераспределяя рутинные задачи на роботов и ИИ у людей высвобождается время для решения проблем и управления сложными проектами. Дополнительно к этому автоматизация и роботизация процессов позволяет работать круглосуточно без перерывов. Интегрированные команды ИИ, роботов и людей с грамотным распределением задач и функций могут радикально повысить результативность и эффективность бизнес-процессов. Как пример можно рассмотреть ускорение процесса тестирования и выпуска итераций (релизов) продуктов.

— *Улучшение качества решений.* Взаимодействие человека и ИИ позволяет принимать более взвешенные и информированные решения. ИИ может анализировать огромные массивы данных в

реальном времени, выявлять паттерны, закономерности и предлагать оптимальные решения, которые затем проверяются, корректируются и верифицируются людьми. Машины менее подвержены ошибкам, вызванным усталостью или невнимательностью. Такой симбиоз обеспечивает быстрый доступ к релевантной информации для принятия решений: в гибридных командах ИИ может работать как мощный инструмент анализа и прогноза, а люди добавляют к этому контекст, интуитивное понимание и берут на себя сложное принятие решений.

— *Адаптивность и гибкость.* Гибридные команды обладают повышенной гибкостью, так как ИИ и роботы могут легко адаптироваться к изменениям в задачах, используя данные для быстрой перенастройки. Это особенно полезно в динамичных и быстро меняющихся секторах, где необходимо оперативное реагирование на изменения спроса или условий рынка. Кроме того, гибридный подход позволяет масштабировать рабочие процессы без необходимости значительных вложений денег и времени в обучение людей.

— *Рост компетентности.* Совместная работа с ИИ и роботами требует от сотрудников новых навыков, таких как взаимодействие с цифровыми системами, настройка алгоритмов и анализ данных. За счет разработки и внедрения новых программ обучения и повышения квалификации, может вырасти уровень компетентности сотрудников. Возможно использование генеративного ИИ для персонализированного обучения и развития навыков работников позволит относительно быстро закрыть пробелы в знаниях и навыках, чем классическое групповое обучение, в также обучить больше людей одновременно чем при коучинге.

— *Инновации и новые бизнес-модели.* Гибридный интеллектуальный капитал способствует развитию инновационных бизнес-моделей, где роботы и ИИ играют ключевую роль в создании новых продуктов и услуг. Такие модели могут предусматривать высокую степень автоматизации и персонализации, а также сокращение затрат на операционную деятельность. ИИ может помочь в более эффективном планировании, распределении и использовании ресурсов.

— *Рост безопасности.* Роботы могут выполнять опасные задачи, снижая риски для сотрудников. ИИ может помочь в обнаружении аномалий в стандартных процессах (ранняя диагностика и прогнозирование) с целью предотвращения угроз.

Далее рассмотрим проблемы и вызовы, которые необходимо преодолеть для раскрытия потенциала гибридного интеллектуального капитала.

— *Проблемы интеграции человека и ИИ.* Одним из ключевых вызовов является эффективная интеграция роботов и ИИ в рабочие процессы. Сложности могут возникать из-за разницы в способах обработки информации, принятия решений и взаимодействия между людьми и машинами. Необходимы новые модели управления, которые будут учитывать особенности работы каждого элемента команды. Например, алгоритмы могут генерировать решения, которые люди находят нелогичными или не учитывающими социальные и культурные аспекты. Также здесь следует рассмотреть проблему объяснимости предложений или решений агентов ИИ: решения ИИ могут быть непрозрачными или предвзятыми.

— *Этические вопросы и права сотрудников.* Автоматизация рабочих процессов может порождать этические дилеммы, связанные с заменой человеческого труда. Возникают вопросы о том, как следует определять права и обязанности сотрудников, работающих в гибридных командах, где часть задач, за которые раньше отвечал сотрудник, выполняется ИИ. Это также касается вопросов конфиденциальности данных, принятия решений без участия человека и ответственности за ошибки или неудачи, связанные с роботизированными системами.

— *Культурные и социальные аспекты.* Введение ИИ и роботов как полноправных участников рабочих коллективов может вызвать изменения в корпоративной культуре и восприятии работников. Сотрудники могут ощущать угрозу со стороны технологий, связанную с потенциалом сокращением рабочих мест, по причине того, что в традиционных рабочих местах, сформированных на протяжении последних десятилетий, количество рабочих часов будет сокращаться. Ощущение этих угроз может

привести к снижению мотивации и вовлеченности людей. Необходимы усилия по созданию культурных условий, в которых люди и машины будут работать вместе, поддерживая взаимное уважение и дополняя друг друга. Также негативные социальные последствия может снизить постепенность во внедрении технологий. Необходима демонстрация преимуществ гибридного подхода для каждого сотрудника.

— *Необходимость новых компетенций.* Управление гибридным интеллектуальным капиталом требует от руководителей и сотрудников-людей новых навыков, таких как понимание работы ИИ, интерпретация данных и управление роботизированными процессами. Руководители должны уметь координировать работу человеческих и цифровых сотрудников, а также находить баланс между автоматизацией и необходимостью человеческого участия в тех или иных процессах. Сюда стоит отнести риск снижения человеческих способностей и навыков от чрезмерной зависимости от экспертизы машин.

— *Риски кибербезопасности и отказов.* Использование ИИ и роботов в рабочих процессах усиливает уязвимость перед кибератаками и системными сбоями. Риски кибербезопасности возрастают по мере увеличения зависимости от цифровых систем, что требует разработки надежных механизмов защиты и резервных стратегий на случай отказов или сбоев в работе роботизированных систем. Компании должны учитывать, что любое нарушение в работе ИИ может привести к сбоям в ключевых процессах. Среди этих рисков лежит риск несовершенства самой технологий ИИ которое приводит к ошибкам. Для нивелирования этого риска важно включать компетентного человека в процесс.

— *Регулятивные и правовые аспекты:* Управление роботами и ИИ в рамках гибридных коллективов требует разработки новых регуляторных и правовых норм. Вопросы регулирования могут включать установление прав и обязанностей ИИ и роботов, ответственность за их действия, а также определения границ ответственности человека и машины. Важно разработать системы сертификации, контроля качества и мониторинга деятельности роботизированных систем и их взаимодействия с сотрудниками-людьми в корпоративных процессах.

Гибридный интеллектуальный капитал предлагает уникальные возможности для повышения эффективности, инноваций и гибкости в управлении предприятиями, однако его реализация сопряжена с рядом вызовов, таких как интеграция технологий в рабочие процессы, этические вопросы и вопросы адаптации людей. Для того чтобы воспользоваться преимуществами гибридных команд, предприятиям необходимо развивать новые управленческие и технические компетенции, а также адаптировать корпоративную культуру. Преодоление вызовов требует комплексного подхода, включающего технологические решения, изменения в управлении, обучение персонала и адаптацию нормативно-правовой базы. Важно помнить, что внедрение гибридного интеллектуального капитала – это непрерывный процесс, требующий постоянного мониторинга и корректировки стратегий.

В основе новой корпоративной культуры должна лежать *человекоцентричность*, которая станет ключевым элементом в формировании новых ценностных предложений для сотрудников. Такой подход предусматривает создание рабочих условий и решений, ориентированных на потребности и интересы каждого человека. Предлагаем новую концепцию корпоративной культуры «7U», что означает переход к персонализированным технологическим решениям для каждого работника. Это сближает производственные технологии с теми, которые уже широко используются людьми в повседневной жизни, способствуя интеграции инноваций в рабочие процессы и созданию комфортной и эффективной среды для сотрудников.

1. *User-Centric Technology* (Технологии, ориентированные на пользователя). Это включает внедрение интуитивно понятных и адаптированных под конкретных работников решений:

— Программное обеспечение и интерфейсы, которые легко осваиваются и не требуют долгого обучения;

— Интеграция персональных устройств: использование личных смартфонов и планшетов для рабочих задач через защищенные корпоративные системы;

- Поддержка виртуальных помощников и искусственного интеллекта, которые могут помочь с организацией рабочего времени и задач.

Так, согласно исследованию McKinsey (Amorim, 2024), универсальные инструменты, такие как ChatGPT, были более охотно приняты проектными менеджерами, чем специализированные инструменты, и они привели к примерно двукратному росту производительности. Этот результат, объясняется тем, что общие инструменты более знакомы ПМ, не требуют конкретных входных данных, подсказок, обучения и, следовательно, проще в использовании.

2. *Unified Workplace (Единое рабочее пространство)*. Создание единого рабочего пространства подразумевает наличие гибких и взаимосвязанных систем:

- Гибкие рабочие места и удаленная работа: сотрудники могут выбирать, где и когда работать, без привязки к офису. Это поддерживается инструментами для совместной работы, такими как Zoom, Slack или Microsoft Teams;

- Облачные технологии для хранения и обмена данными, обеспечивающие доступ из любой точки мира;

- Гибкий график и баланс работы и личной жизни: поддержание баланса между профессиональной и личной жизнью сотрудников, предлагая гибкие условия труда, что способствует снижению стресса и увеличению удовлетворенности сотрудников.

3. *Uplifting Environment (Поднимающая настроение среда)*. Здоровое и вдохновляющее рабочее место включает:

- Эргономичные офисные пространства, способствующие комфортной работе, включая зоны отдыха, пространства для сотрудничества и персональные рабочие зоны;

- Интерьер с элементами живых растений и натуральных материалов, который положительно влияет на психологическое состояние сотрудников;

- Поддержка физической активности на рабочем месте: наличие спортзалов, зон для отдыха или перерывов на свежем воздухе, что способствует поддержанию здоровья.

4. *Uncompromised Security (Безопасность без компромиссов)*. Сотрудники могут чувствовать себя комфортно, если знают, что их рабочие данные защищены:

- Кибербезопасность: персонализированные решения, защищающие личные данные сотрудников, включая двухфакторную аутентификацию и шифрование данных;

- Физическая безопасность: системы безопасности офиса, обеспечивающие доступ только для авторизованных сотрудников;

- Здоровье и безопасность: наличие систем контроля качества воздуха, соблюдение норм освещения и акустического комфорта.

5. *Upgraded Learning (Современное обучение и развитие)*. Инвестиции в персональное и профессиональное развитие сотрудников через:

- Персонализированное обучение: предоставление доступных онлайн-курсов, тренингов и программ развития, которые можно проходить в удобное время;

- Микро-обучение и геймификация: короткие, интерактивные уроки, которые можно интегрировать в ежедневные рабочие процессы;

- Наставничество и коучинг: программы менторства, направленные на поддержку персонального роста сотрудников.

6. *Universal Inclusivity (Всеобъемлющая инклюзивность)*. Позволяет уделить внимание разнообразию и инклюзии на рабочем месте:

- Гибкие условия для сотрудников с особыми потребностями: адаптированное программное обеспечение и оборудование, такие как речевые интерфейсы или специальные устройства для людей с ограниченными возможностями;

- Культура взаимного уважения: поддержка инклюзивной корпоративной культуры, где ценятся все сотрудники, независимо от их пола, возраста, национальности или социального положения;

- Поддержка разнообразных форм сотрудничества, включая межкультурные и межфункциональные команды, что способствует росту инноваций и обмену опытом.

7. *Ultra-Engaged Leadership (Активное вовлечение руководства)*. Прозрачные и поддерживающие модели управления:

- Открытая обратная связь: создание каналов, где сотрудники могут свободно высказывать свои предложения и проблемы;
- Активная поддержка сотрудников со стороны руководства: регулярные встречи и сессии для обсуждения целей и задач, помощь в их достижении;
- Признание и вознаграждение успехов: персонализированные программы вознаграждения и признания, которые стимулируют сотрудников.

Таким образом, человекоцентричный подход представляет собой вершину эволюции системы мотивации и вовлечения, способствуя повышению производительности и комфорта сотрудников. Благодаря фокусу на индивидуальные потребности и персонализированные решения, этот подход не только улучшает рабочую среду, но и способствует оптимизации бизнес-процессов за счет более эффективного использования технологий. В результате компании получают возможность быстрее адаптироваться к изменениям и максимально раскрывать потенциал своих сотрудников.

Выводы. Гибридный интеллектуальный капитал (ГИК) предприятий представляет собой значительный шаг вперед в эволюции человеческого капитала, включая взаимодействие с роботами и искусственным интеллектом. Этот капитал открывает новые возможности для предприятий, такие как ускорение процессов разработки продуктов, улучшение качества решений за счет анализа больших объемов данных и повышение производительности путем перераспределения задач между людьми и ИИ. Однако успех применения ГИК зависит от того, насколько предприятия смогут адаптировать свои управленческие и технические процессы для оптимального использования гибридных команд, сочетающих человеческий интеллект и автоматизированные системы.

Основные вызовы, с которыми сталкиваются предприятия при внедрении ГИК, включают проблемы интеграции ИИ в рабочие процессы, этические вопросы замены человеческого труда, а также социальные и культурные аспекты взаимодействия людей и машин. Необходимы новые компетенции для управления гибридными командами, усиление кибербезопасности и разработка соответствующей правовой базы. Для успешной реализации потенциала ГИК предприятиям необходимо внедрять комплексные решения, которые учитывают технологические и управленческие аспекты, а также проводить непрерывную работу по адаптации своих стратегий в условиях меняющихся рыночных и технологических реалий.

Человекоцентричный подход, являясь ключевым элементом новой корпоративной культуры, выступает составной частью стратегии внедрения на предприятиях гибридных интеллектуальных ресурсов. Новая концепция корпоративной культуры «7U», ориентируется на персонализацию технологических решений для людей, что способствует более эффективной интеграции ИИ и роботов в рабочие процессы. В основе этой культуры лежат персонализированные решения и гибкие рабочие условия, которые не только удовлетворяют потребности сотрудников, но и оптимизируют взаимодействие с интеллектуальными ресурсами. Это обеспечивает более тесную интеграцию человека и ИИ, улучшая производственные и управленческие процессы.

Внедрение гибридных интеллектуальных ресурсов, поддерживаемое человекоцентричным подходом, способствует созданию рабочей среды, где технологии не просто облегчают труд, но и усиливают взаимодействие между всеми элементами капитала, тем самым повышая вовлеченность сотрудников, производительность и инновационный потенциал предприятий.

3.5. Дефицит навыков в эпоху искусственного интеллекта: переход к навык-ориентированным организациям

Как было установлено в текущем исследовании ранее, для раскрытия полного потенциала гибридного интеллектуального капитала требуется развитие новых навыков у сотрудников, таких как понимание работы искусственного интеллекта, способность интерпретировать его ответы, задавать правильные вопросы и управлять роботизированными процессами. Руководители, в свою очередь, должны не только координировать взаимодействие между человеческими и цифровыми ресурсами, эффективно распределяя задачи между ИИ, роботами и людьми, но и стремиться к нахождению оптимального баланса между автоматизацией и необходимостью человеческого участия в ключевых процессах. Это необходимо для достижения максимальной производительности, стимулирования инноваций и повышения эффективности организации.

Рассматривая более ранний горизонт прогнозов, к 2030 году в Европе может потребоваться до 12 миллионов профессиональных переходов, что вдвое превышает показатели до пандемии (Hazan, 2024). В Соединенных Штатах ожидается аналогичная динамика, с необходимостью около 12 миллионов переходов, что соответствует допандемической норме. Оба региона уже столкнулись с серьезными изменениями на рынке труда во время пандемии Covid-19, что позволяет предположить их способность справиться с будущими масштабными изменениями. Согласно сценарию ускоренного внедрения технологий, предложенному McKinsey, в Европе эти смены профессий затронет около 6,5% нынешней занятости, что вдвое превышает допандемические темпы.

В цифрах это выглядит следующим образом - спрос на технологические навыки, измеряемый в увеличенном количестве отработанных часов, может вырасти на 25% в Европе и на 29% в США к 2030 году по сравнению с 2022 годом. Спрос на социальные и эмоциональные навыки может вырасти на 11% в Европе и на 14% в Соединенных Штатах. В основе этого роста лежит более высокий спрос на должности, требующие межличностного сопереживания и лидерских качеств. Эти навыки прежде всего в сфере здравоохранения и на управленческих должностях. И наоборот, ожидается, что спрос на работу, в которой преобладают базовые когнитивные навыки, снизится на 14%. Базовые когнитивные навыки необходимы в первую очередь на должностях офисной поддержки или обслуживания клиентов, которые очень подвержены автоматизации с помощью ИИ. Среди работ, характеризующихся этими базовыми когнитивными навыками, спрос на которые значительно падает, - это базовая обработка данных и грамотность, умение считать и общение (Hazan, 2024).

С другой стороны, спрос на физические и ручные навыки может остаться примерно на нынешнем уровне. Рост спроса на эти навыки в период с 2022 по 2030 год может быть обусловлен созданием инфраструктуры и увеличением инвестиций в сектора с низким уровнем выбросов, в то время как снижение будет соответствовать продолжающейся автоматизации производства.

В результате, предприятиям потребуется серьезное повышение квалификации персонала. Таким образом, существует потребность не только в передовых ИТ и аналитике данных, но также в критическом мышлении, структурировании проблем, а также в сложной обработке информации и творческом подходе, преподавании и обучении — навыках, которые в настоящее время им не хватает. Компаниям, чтобы удовлетворить потребности в навыках, необходимо сосредоточиться как на переподготовке работников, так и на найме.

Для примера можем проанализировать, какие навыки необходимы для технических специалистов, которые занимаются внедрением решений на основе ИИ:

- дизайнерские навыки, позволяющие спроектировать интуитивно понятный интерфейс для конечных пользователей;
- контекстное понимание автоматизируемых бизнес-процессов, обеспечивающим получение от модели ИИ наиболее релевантных и высококачественных ответов;
- навыки совместной работы, позволяющие эффективно взаимодействовать с экспертами и заказчиками;

- криминалистические навыки, для выяснения причин сбоев (проблема с данными, интерпретация намерений пользователя, качество метаданных и т.д.);
- навыки предвидения, позволяющие предвидеть и планировать возможные результаты, а также включать в свой код правильный вид отслеживания.

Чистый программист, не обладающий этими навыками, может оказаться не таким полезным членом команды. Согласно проведенному исследованию, активные пользователи и создатели ИИ в подавляющем большинстве считают, что им необходимы когнитивные и социально-эмоциональные навыки более высокого уровня для выполнения своей работы, больше, чем им нужно для развития технологических навыков. Поскольку работники все чаще используют ИИ-технологии для решения более повторяющихся задач, ориентированные на человека навыки критического мышления и принятия решений будут становиться все более важными (De Smet, 2024).

Решение проблемы дефицита навыков требует фундаментальных изменений в том, как организации связывают людей с работой. Чтобы справиться с этим вызовом, необходимо трансформировать операционные модели, пересмотреть подход к выбору технологий, изменению рабочей силы и корпоративной культуры, а также превратить компании в гибкие организации, ориентированные на навыки.

Анализ более 4 миллионов объявлений о вакансиях по 15 ключевым технологическим трендам выявил значительный разрыв в уровне требуемых навыков (Yee, 2024). По сравнению с глобальными средними показателями *менее половины потенциальных кандидатов обладают необходимыми техническими компетенциями*, которые работодатели указывают в своих вакансиях.

Организациям важно осознавать, как меняются требования к навыкам. Необходимо различать, какие навыки утрачивают свою актуальность, какие становятся более востребованными, и какие умения начинают всё чаще дополняться работой машин. При этом прошлый опыт не всегда может быть применен к новым ролям. Например, у сотрудников, занимающихся техническим обслуживанием автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, существенно отличаются обязанности по сравнению с теми, кто работает с электромобилями. Менеджеры складов будут нуждаться в персонале, способном управлять роботами, которые все активнее используются для комплектации и упаковки товаров. Кроме того, предприятиям потребуются бизнес-менеджеры, обладающие навыками, необходимыми для принятия решений о внедрении чат-ботов, а также знаниями, позволяющими оценить эффективность этих решений.

Несмотря на растущую необходимость в новых навыках для эффективного использования искусственного интеллекта в бизнес-процессах, многие организации продолжают нанимать сотрудников на основании устаревших профилей должностей, которые не всегда отражают актуальные потребности, хотя исследования показывают, что соответствие между сотрудником и должностью (person-job fit) является важным фактором, влияющим на производительность труда и организационную приверженность (Aldasem, 2022).

Требование профильного высшего образования в кандидатах часто ограничивает количество потенциальных соискателей, особенно в условиях быстро меняющихся технологий. Для более эффективного привлечения и развития талантов организациям следует пересмотреть свои подходы к найму, акцентируя внимание на подтвержденных навыках кандидатов, а не на формальных квалификациях. В биотехнологической отрасли США уже наблюдаются такие изменения: компании активно расширяют возможности для удаленной работы и пересматривают образовательные требования, чтобы преодолеть дефицит квалифицированных специалистов (Noelle, 2024). Эти шаги могут служить примером для других отраслей, стремящихся адаптироваться к новым условиям рынка труда.

Навык-ориентированные организации принимают решения о найме, продвижении и обучении сотрудников, опираясь на реальные способности и компетенции, продемонстрированные на практике, а не только на наличие формального образования. Согласно исследованию в ИТ-секторе, такие компании используют методы отбора, которые фокусируются на навыках и компетенциях кандидатов (Jaramaz, 2023). Этот подход позволяет расширить круг кандидатов, включая тех, кто получил свои

навыки через практический опыт или самообучение, а не через традиционные образовательные программы. Навык-ориентированные организации пересматривают свои процессы, чтобы соответствовать текущим и будущим потребностям, определяя ключевые навыки, необходимые для выполнения конкретных рабочих задач. В результате должностные описания трансформируются в списки компетенций, требуемых для каждой роли. Такой подход делает навыки центральным элементом кадровых решений, что позволяет компаниям быть более гибкими и продуктивными в условиях быстрого изменения технологий и требований рынка.

Однако эта модель требует постоянного обновления списка навыков, так как технологии и запросы клиентов продолжают изменяться. Автоматизация и ИИ значительно упрощают этот процесс, помогая адаптировать систему под новые условия и масштабировать ее для эффективного управления кадрами. Примером радикального подхода к навык-ориентированной модели является организация Opportunity@Work, которая активно продвигает концепцию STARs (skilled through alternative routes), нанимая сотрудников, чьи навыки были приобретены альтернативными путями. Эта организация сознательно исключает требование университетского образования из описаний вакансий там, где это возможно, тем самым подчеркивая ценность опыта и навыков перед формальными академическими достижениями (MIT SMR Connections, 2024). Такой подход ставит под сомнение важность традиционного высшего образования в условиях, когда скорость изменений требует от сотрудников большей гибкости и практических навыков.

Выводы. Гибридный интеллектуальный капитал требует от сотрудников и руководителей новых навыков, включая понимание работы искусственного интеллекта и роботизированных процессов, критическое мышление и способность эффективно взаимодействовать с цифровыми системами. Эти компетенции необходимы для поддержания конкурентоспособности организаций в условиях ускоренной технологической трансформации. Одновременно предприятиям предстоит пересмотреть свои подходы к управлению кадрами и найму, акцентируя внимание на реальных навыках, а не на традиционных университетских квалификациях, чтобы поддерживать гибкость и инновации в быстро меняющемся ландшафте.

Анализ текущих тенденций показывает, что спрос на технологические, социальные и эмоциональные навыки будет расти, особенно в секторах, где требуются лидерские и управленческие качества. В то же время, профессии, основанные на базовых когнитивных навыках, будут подвергаться значительной автоматизации. Следовательно, предприятиям необходимо выстраивать стратегию развития сотрудников, ориентированную на переподготовку, продвижение навыков междисциплинарного сотрудничества и управление изменениями, что включает внедрение навык-ориентированных подходов. Компании должны адаптировать свои процессы под изменяющиеся потребности, фокусируясь на компетенциях, которые соответствуют новым бизнес-задачам. Важно осознавать, что прошлый опыт сотрудников не всегда применим к новым ролям, что подчеркивает важность постоянного обновления навыков и гибкости.

3.6. От матрицы навыков к индивидуальным профилям: персонализация в условиях гибридного интеллектуального капитала

Внедрение гибридного интеллектуального капитала требует изменений в организации, иногда значительных. Проведение организационных изменений в соответствии с традиционными управленческими моделями представляет собой сложную задачу, характеризующуюся частыми отклонениями от намеченного плана и неудовлетворительными результатами. Несмотря на наличие множества моделей управления изменениями, организации часто сталкиваются с препятствиями при их реализации, что ограничивает эффективность изменений (Borges, 2009; Mouazen et al., 2023). Руководство организаций формулирует стратегические цели трансформации, ориентированные на преобразование иерархически организованных структур в гибкие и инновационные системы, способные к эффективному сотрудничеству. Несмотря на это, процесс внедрения таких изменений зачастую сопровож-

дается рядом трудностей, которые включают сопротивление сотрудников (даже при наличии их согласия с необходимостью изменений), культурные различия, медленную реакцию на рыночные изменения, недостаточную вовлеченность руководства и нехватку ресурсов (Pereira et al., 2017).

Применение директивного подхода сверху вниз не способствует повышению уровня вовлеченности и приверженности сотрудников к новому курсу развития. Масштабные изменения, как правило, вызывают у работников чувство перегруженности и неуверенности в способности адаптироваться к новым условиям (Bunkers, 2016). Эффективное управление человеческим капиталом и коммуникация в процессе изменений являются ключевыми факторами успеха, поскольку неопределенность часто порождает сопротивление (Brown, 2023). Другим преодолением данной проблемы может являться применение подхода, основанного на использовании сильных сторон сотрудников для формирования разнородных команд и управления ими. Такой подход способен повысить приверженность сотрудников к процессу изменений, снизить тревожность и риск выгорания, а также способствовать укреплению инклюзивного и совместного поведения, устраняя иерархические и функциональные барьеры (Bouskila-Yam, 2011).

Подход Гэллапа к развитию персонала на основе сильных сторон акцентирует внимание на важности идентификации индивидуальных преимуществ сотрудников и поддержке их развития, в отличие от акцента на исправлении слабых сторон как «точек роста» (Rigoni, 2016). Институт Гэллапа, провел исследования, в котором оценивалось влияние интервенций, направленных на развитие сильных сторон, на производительность рабочих групп. В выборку вошли 49 495 бизнес-подразделений, насчитывающих 1,2 млн сотрудников, представляющих 22 организации из семи отраслей и 45 стран. В исследовании выявили, что использование сильных сторон в процессе работы способствует значительно увеличению вероятности позитивного самоощущения, высокого уровня энергии и вовлеченности сотрудников в рабочий процесс. Результаты показали, что рабочие группы, в которых были внедрены меры по развитию сильных сторон сотрудников, продемонстрировали значительное улучшение в показателях по объему продаж, уровню прибыли, текучести кадров. Так, объем продаж оказался выше на 10%-19%, рост прибыли – на 14%-29%, снижение текучести кадров на 26-72 процентных пункта (для организаций с высокой текучестью). Полученные данные свидетельствуют о том, что внедрение интервенций, направленных на развитие сильных сторон сотрудников, оказывает существенное положительное влияние на разнообразные показатели организационной производительности.

Механизм данного эффекта можно объяснить следующим образом. Во-первых, осознание сотрудниками своих сильных сторон позволяло им четко понимать свою роль в команде и ощущать собственную ценность как её неотъемлемого участника. Более того, понимание того, что каждый член команды также вносит вклад, опираясь на свои сильные стороны, способствовало повышению взаимного уважения и стимулировало готовность к сотрудничеству. Взаимодействие происходило через призму сильных сторон, что минимизировало возможность возникновения конфликтов и разногласий. Это, в свою очередь, способствовало конструктивным дискуссиям, которые рассматривались как креативный процесс, ведущий к более качественным решениям и результатам (Misra, 2024).

Управление в крупных компаниях на современном этапе характеризуется многослойной функциональной структурой, что порождает значительные сложности, замедление процессов и высокие затраты ресурсов при проведении организационных трансформаций. С учетом того, что автоматизация и генеративные системы искусственного интеллекта берут на себя всё больше задач, роль сотрудников претерпевает изменения: вместо выполнения рутинных операций, которые раньше занимали значительную часть рабочего времени, их деятельность всё больше сосредотачивается на «специальных проектах». Эти проекты, ранее составлявшие около 20% от ежедневных обязанностей, становятся доминирующей частью работы.

В связи с этим перед руководителями бизнеса стоит задача изменить текущее соотношение рутинных процессов и проектной работы с 80% на 20% до обратной пропорции — 80% проектной работы и 20% рутинных операций. Для реализации этой трансформации каждый сотрудник, вовлеченный в проектную деятельность, должен обладать определённым набором навыков, компетенций и

выполнять специфические роли. Эти навыки становятся основой для отбора, обучения и профессионального развития сотрудников. Одним из инструментов для достижения этих целей являются внутренние рынки талантов, позволяющие эффективно управлять кадровыми ресурсами и формировать команды, основываясь на понимании доступных в организации навыков. Примером успешного применения подобного подхода может служить профессиональный спорт (Laplace, 2020).

Наборы навыков варьируются в зависимости от отрасли, инновационности компании, её позиции на рынке (лидер или аутсайдер) и стадии жизненного цикла организации. В прошлом нехватка квалифицированных специалистов в различных областях затрудняла формирование высокоэффективных команд. Однако с развитием генеративного искусственного интеллекта возникает возможность появления универсальных специалистов, сосредоточенных на одной ключевой области, но обладающих гибкими навыками для глубокого понимания смежных дисциплин. Одним из критически важных новых навыков становится способность оперативно находить решения, быстро осваивая новую тему с помощью ИИ.

Таким образом, для успешной реализации подхода, основанного на сильных сторонах сотрудников, формирования гибких и инновационных команд, а также перехода работников на преимущественно проектную деятельность с учетом их специализации в определенных областях, необходимо обладать полной информацией о навыках и компетенциях каждого сотрудника. Однако знание самих навыков является лишь частью задачи. Важно также оценивать уровень их развития у сотрудников и соотносить этот уровень с текущими и перспективными потребностями организации для выполнения её проектов.

Для решения данной задачи предлагается использование матрицы задач-навыков (МЗН). Эта матрица станет основой для формирования индивидуальных профилей сотрудников, что представляет собой инновационный подход по сравнению с традиционными матрицами должностей, на основе которых подбирались сотрудники. В условиях гибридной интеллектуальной экономики данный подход становится недостаточным. Новая человекоцентричная парадигма требует создания профилей сотрудников, основанных на матрице задач-навыков. Эти профили должны содержать подробную информацию о квалификациях, сертификациях, пройденных обучающих курсах, а также опыте работы над проектами, с возможностью автоматического обновления данных по мере завершения новых проектов.

Рассмотрим более подробно МЗН. Матрица представляет собой таблицу, где в строчках описаны задачи, которые необходимо выполнять с разной частотой в рамках бизнес-процессов и проектов организации, а в столбцах – навыки, которые необходимы для выполнения задач. Навыки делятся на две части – мягкие навыки и твердые навыки. (Таблица 3)

Таблица 3. Матрица задач-навыков организации

		Твердые навыки			Мягкие навыки		
		Твердый навык 1	...	Твердый навык N	Мягкий навык 1	...	Мягкий навык N
Процесс 1	Задача 1						
	Задача 2						
	...						
	Задача N						
Процесс 2	...						
...	...						
Процесс N	...						

Составлено автором самостоятельно

На пересечении столбцов и строк, там, где для выполнения конкретной работы необходим конкретный навык – проставляется оценка развитости навыка, минимальное значение степени развития навыка, которое требует организация для конкретной задачи. Шкала разработана на основе модели приобретения навыков Дрейфуса, разработанная братьями Хьюбертом и Стюартом Дрейфусами, которая описывает пятиэтапный процесс развития навыков от новичка до эксперта (Dreyfus, 2004) и

адаптирована с учетом профессионального опыта автора к целям текущего исследования. В результате, получилась шкала, включающая 6 значений (Таблица 4).

Таблица 4. Шкала требований к навыку

Условное название	Степень развития	Пояснения	Степень автономной работы
-	Отсутствует	Нет подтвержденного опыта и знаний для выполнению конкретной задачи	Запрещено допускать к выполнению
Слушатель	Не развит	Прослушал курс / получил образование, которое дает понимание как выполнять конкретную задачу	Может выполнять часть задачи (отдельные операции) под присмотром. Не отвечает за качество результата
Ученик	Слабо развит	До 3 месяцев работы с использованием навыка, что примерно соответствует 500 часов опыта	Может выполнять работу по инструкции и под присмотром. Контролем качества результата обязателен
Специалист	Достаточно развит	От 3 месяцев до года, что примерно соответствует от 500 до 2000 часов опыта. Справляется с типовыми отклонениями и сложностями.	Может самостоятельно выполнять задачу по инструкции. Самостоятельно отвечает за результат работы
Эксперт	Высоко развит	От года до 3 лет, что примерно соответствует от 2 до 6 тысяч часов опыта. Предлагает улучшения способа выполнения задачи. Решает проблемы	Автономное выполнение задачи без инструкции. Понимает взаимосвязи задачи с другими задачами. Контроль результата по показателям
Наставник	Максимально высоко развит	Более 3 лет опыта, или 6000+ часов. Может предложить иной способ выполнения задачи. Может учить других	Автономная работа не требует контроля. Задает параметры качества и КПЭ по задаче для других

Составлено автором самостоятельно

Для заполнения матрицы задач-навыков (МЗН) в рамках конкретной организации необходимо составить перечень задач, критически важных для её деятельности, которые будут включены в строки матрицы. Для достижения этой цели рекомендуется использовать подход, основанный на построении карты бизнес-процессов и создании реестра бизнес-процессов с детализацией до уровня конкретных задач. Этот процесс требует системного подхода и применения специализированных методов для обеспечения высокой степени детализации и точности.

На начальном этапе необходимо идентифицировать ключевые бизнес-процессы, которые оказывают непосредственное влияние на стратегические цели организации, создают ценность для клиентов и формируют доход компании. Для этого требуется проведение детального анализа всей операционной деятельности организации. Первым шагом является идентификация общих процессов, охватывающих все виды деятельности, происходящие в организации, начиная с производственных операций и заканчивая процессами поддержки и управления. Помимо основных процессов, необходимо выявить вспомогательные процессы, которые обеспечивают выполнение ключевых функций, а также управленческие процессы, связанные с планированием, контролем и принятием решений. Таким образом, после выявления основных процессов, необходимо также проанализировать вспомогательные и управленческие процессы.

Следующим этапом является визуализация выявленных процессов в виде карты бизнес-процессов. Карта представляет собой графическое изображение структуры деятельности организации, включающее все процессы и их взаимосвязи. После построения карты и её верификации, можно переходить к декомпозиции процессов и созданию реестра процессов и задач. На данном этапе важно определить уровень детализации: обычно карты создаются на нескольких уровнях, начиная от общего описания процессов и заканчивая конкретными задачами на каждом этапе. Однако избыточная детализация может затруднить восприятие, поэтому необходимо поддерживать баланс между простотой и точностью.

При создании реестра процессов также необходимо определить владельцев процессов, то есть сотрудников, ответственных за эффективность и качество выполнения как верхнеуровневых процессов, так и всех входящих в них задач. В результате этой работы будет сформирован реестр процессов и задач, составляющих основу матрицы.

На следующем этапе необходимо определить перечень как твёрдых, так и мягких навыков, необходимых для выполнения каждой задачи. Здесь важно соблюдать баланс между точностью и сложностью: не должно быть избыточного количества навыков, но также не должно быть задач, не требующих никаких навыков. После этого можно переходить к оценке минимального уровня каждого навыка, необходимого для выполнения задачи, с использованием соответствующей шкалы. Необходимо избегать чрезмерно высоких требований, таких как уровень эксперта для каждой задачи, но и минимальные уровни не должны быть слишком низкими, чтобы не снизить качество выполнения задач. В результате этих действий будет составлена матрица задач-навыков в статусе «as is», то есть отражающая текущее состояние организации до проведения цифровой трансформации.

Поскольку целью является внедрение гибридного интеллектуального капитала, организация должна будет пройти через процесс цифровой трансформации. Это потребует повторного заполнения МЗН в статусе «to be», с учётом задач, которые смогут выполнять либо автономные системы ИИ, либо сотрудники, работающие в синергии с ИИ. Для этого предлагается обновлённая шкала для оценки, которая позволит определить степень соответствия между задачами, выполняемыми сотрудником без поддержки ИИ, сотрудником, работающим совместно с ИИ, и автономным ИИ-агентом (см. Таблицу 5).

Таблица 5. Шкала требований к навыку для сотрудников, усиленных агентом ИИ

Основное название	Соответствие человеческой шкале	Пояснения	Степень автономной работы
Ученик +	Ученик	Не дотягивает до специалиста. Ценность в самостоятельности работы и повышении производительности.	Может самостоятельно выполнять задачу по инструкции. Контролем качества результата обязателен
Специалист +	Эксперт	Зная предметную область повышается производительность. Может решать типовые и средней сложности проблемы; предлагать улучшения.	Автономное выполнение задачи. Учиться понимает взаимосвязи задачи с другими задачами. Контроль результата по показателям, выборочный контроль Экспертом или Наставником человеком.
Эксперт +	Наставник	Высокая производительность, решение любых проблем, даже сложных. Может разрабатывать учебные материалы	Автономная работа не требует контроля. Может задавать критерии качества и быть наставником для ученика. Контроль результата по показателям
Автономный агент ИИ (ААИИ)	Наставник	Автоматизированная задача. Радиально высокая производительность	Автономная работа. Контроль по группе показателей, подключение человека при исключительных инцидентах

Составлено автором самостоятельно

Пример заполненной МЗН для процесса приема входящих обращений в контакт-центре (Матрица «AS-IS») можно увидеть в Таблице 6.

Таблица 6. Фрагмент матрицы задач-навыков для процесса приема входящих обращений в контакт-центре

		Твердые навыки			Мягкие навыки		
		ПО контакт-центра	Актуальные продукты компании	Актуальные новости компании	Внимательность	Стресс-устойчивость	Клиент-ориентированность
Прием входящих обращений	Обработка письма по электронной почте	Ученик	Ученик	Ученик	Специалист	Ученик	Специалист
	Обработка звонка	Эксперт	Эксперт	Эксперт	Эксперт	Эксперт	Эксперт
	Обработка обращения в социальной сети	Специалист	Специалист	Специалист	Специалист	Специалист	Специалист

Составлено автором самостоятельно

Доработанная МЗН, с учетом планов по автоматизации и внедрения ИИ для процесса приема входящих обращений в контакт-центре (Матрица «TO-BE») отображена в Таблице 7.

Таблица 7. Фрагмент матрицы задач-навыков для процесса приема входящих обращений в контакт-центре после цифровой трансформации

		Твердые навыки			Мягкие навыки		
		ПО контакт-центра	Актуальные продукты компании	Актуальные новости компании	Внимательность	Стресс-устойчивость	Клиент-ориентированность
Прием входящих обращений	Обработка письма по электронной почте	ААИИ	ААИИ	ААИИ	ААИИ	ААИИ	ААИИ
	Обработка звонка	Эксперт	Специалист +	Специалист +	Эксперт	Эксперт	Эксперт
	Обработка обращения в социальной сети	Ученик + или ААИИ	Ученик + или ААИИ	Ученик + или ААИИ	Специалист или ААИИ	Специалист или ААИИ	Специалист или ААИИ

Составлено автором самостоятельно

С учетом того, что внедрение гибридного интеллектуального капитала способствует значительному повышению производительности, целевые показатели в каждой ячейке матрицы должны быть определены либо автономный агент искусственного интеллекта (ААИИ), либо минимальный уровень навыков сотрудника, усиленный возможностями ИИ. Так, следует стремиться к «Ученик +» или «Специалист +». Такой подход позволит компаниям быть максимально гибкими, так как сократит потребность в длительном обучении сотрудников, что особенно важно при высокой текучести персонала.

Тем не менее, необходимо соблюдать баланс между качеством предоставляемых услуг, гибкостью процессов и себестоимостью их выполнения. При текущем уровне развития технологий ИИ возможности применения автономных агентов ИИ ограничены, и их использование актуально лишь в отдельных задачах. Поэтому навыки сотрудников по-прежнему играют ключевую роль в выполнении задач, не только в рамках гибридного интеллектуального капитала, но и в традиционном виде. Это делает компетенции работников важным элементом для поддержания высокого качества работы в условиях постепенной интеграции ИИ в бизнес-процессы.

Далее продемонстрируем, как на основе готовой МЗН можно перейти к формированию индивидуальных профилей сотрудников (ИПС). Эти профили будут содержать информацию о текущем и целевом уровне владения каждым необходимым навыком, а также данные о квалификациях, сертификатах, пройденных обучающих курсах и опыте работы над проектами. Для создания ИПС предлагается использовать матрицу, которая будет структурно наследовать МЗН, обеспечивая её полную совместимость, при этом расширяя её функционал за счет добавления данных, релевантных для каждого конкретного сотрудника.

Такой подход позволит не только оперативно оценивать соответствие сотрудников текущим требованиям организации, но и планировать их профессиональное развитие с учётом стратегических целей и проектов компании. Более того, совместимость матрицы задач-навыков и индивидуальных профилей сотрудников обеспечит целостность данных и облегчит процесс адаптации сотрудников к новым задачам в условиях изменений, вызванных внедрением гибридного интеллектуального капитала и развитием технологий.

Для примера рассмотрим тот-же процесс приема входящих обращений в контакт-центре и на основе матрицы задач-навыков сформируем фрагмент индивидуального профиля сотрудника «Иванов Петр». Этот профиль будет включать текущий и целевой уровни владения ключевыми навыками, а также информацию о квалификациях, сертификатах и опыте работы над проектами. Ниже приведен пример матрицы (Таблица 8), демонстрирующей, как может выглядеть индивидуальный профиль сотрудника.

Таблица 8. Фрагмент индивидуального профиля сотрудника

			Твердые навыки: Актуальные продукты компании				
			Уровень	Тип активности	Активность	Срок	Статус
Прием входящих обращений	Обработка письма по электронной почте	Текущий	Ученик	курс	Курс «Ввод в должность»	31.12. 2023	+
		Плановый	Специалист	проект	Участие в проекте «Увеличение лояльности клиентов»	31.12. 2024	План
				Стаж	Проработать 3 мес. со средней оценкой 4.3+	31.01. 2025	План
	Обработка звонка	Текущий	Ученик	курс	Курс «Обработка обращений клиентов»	30.10. 2024	+
		Плановый	Эксперт	Стаж	Проработать 1 год со средней оценкой 4.3+	31.10. 2025	План
	Обработка обращения в социальной сети	Текущий	Ученик	курс	Курс «Обработка обращений клиентов»	30.10. 2024	+
		Плановый	Эксперт	проект	Участие в проекте «Доставка дроном»	30.06. 2025	План

Составлено автором самостоятельно

На основе профиля, представленного в таблице 8, можно не только устранить пробелы в существующих навыках для выполнения задач в рамках бизнес-процессов и проектов компании, но и разработать индивидуальные планы развития для каждого сотрудника. Такой подход позволяет не только закрывать потребности организации в квалифицированных кадрах, но и обеспечивает эффективное привлечение новых сотрудников на основе заранее установленных требований к задачам и уровню компетенций. Это способствует созданию глубоких, взаимовыгодных отношений между организацией и сотрудниками, поскольку руководство будет иметь полное представление о профессиональных потребностях и целях работников.

Кроме того, данный профиль может использоваться для ведения комплексной статистики взаимодействия сотрудника с организацией, что станет частью HR-аналитики. Это позволит отслеживать прогресс в развитии навыков сотрудников, оценивать эффективность их участия в проектах и корректировать стратегию управления персоналом в соответствии с реальными данными. В результате, компания сможет не только повысить гибкость в управлении трудовыми ресурсами, но и обеспечить более качественное и продуктивное взаимодействие с персоналом, что особенно важно в условиях быстрого технологического развития и внедрения гибридного интеллектуального капитала.

Выводы. Внедрение гибридного интеллектуального капитала требует системного подхода к управлению организационными изменениями, включая трансформацию управленческих моделей. Применение традиционных подходов зачастую сталкивается с сопротивлением сотрудников, культурными барьерами и нехваткой ресурсов. Эти факторы усложняют процесс адаптации компании к новым условиям. Для успешного внедрения гибридных решений необходимы механизмы, способствующие усилению вовлеченности сотрудников и формированию гибких команд, таких как подходы, основанные на сильных сторонах сотрудников, которые способны улучшить качество и эффективность изменений.

Цифровая трансформация, сопровождаемая внедрением ИИ, радикально меняет роль сотрудников. Традиционные рутинные задачи переходят под контроль ИИ, что высвобождает время для проектной работы, требующей более высоких уровней компетенций. Это приводит к необходимости детального учета навыков и компетенций работников для их адаптации к новым задачам. Использование матрицы задач-навыков (МЗН) в качестве инструмента для планирования и оценки текущего и целевого уровня навыков сотрудников позволяет организациям более гибко управлять кадровыми ресурсами и повышать производительность.

Формирование индивидуальных профилей сотрудников (ИПС) на базе МЗН является инновационным шагом в управлении персоналом, который позволяет организации точно оценивать потенциал

каждого сотрудника и разрабатывать персонализированные планы развития. ИПС интегрирует данные о текущем уровне навыков, квалификациях и опыте сотрудников, а также целевые показатели, что способствует формированию долгосрочных стратегий для развития персонала. Внедрение таких профилей обеспечивает более эффективное использование кадровых ресурсов в условиях растущей автоматизации и гибридных технологий, помогая компании поддерживать высокий уровень адаптивности и конкурентоспособности.

Выводы к третьему разделу.

1. Цифровизация и эволюционные изменения в бизнес-моделях предприятий приводят к снижению транзакционных издержек, а использование облачных технологий позволяют компаниям сосредоточиться на ключевых компетенциях и экспертизе, передавая неосновные функции внешним партнёрам. Использование платформ, основанных на данных и современных технологиях, открывает новые возможности для стратегического партнёрства и интеграции инноваций, усиливая операционную эффективность предприятий. Но в то же время это требует пересмотра подхода к управлению человеческими ресурсами в части экспертизы и навыков, которые должны оставаться и развиваться в организации.

2. Экономика замкнутого цикла, направленная на минимизацию использования ресурсов и максимизацию ценности, в равной степени занимается ресурсной оптимизацией как физических ресурсов, так и интеллектуальных. Это позволяет уменьшать энтропию и стать на путь долгосрочного устойчивого развития организации. Компании, способные адаптировать свои бизнес-модели к этой новой парадигме «устойчивости и экспертизы», смогут обеспечить себе конкурентные преимущества в условиях цифровой эры.

3. Проводя исторический анализ, следует отметить, что в XX веке произошла значительная трансформация подходов к управлению персоналом: от административных функций оно перешло к стратегическому управлению человеческими ресурсами. Это изменение было поддержано развитием теорий мотивации и социальной психологии, что позволило рассматривать сотрудников как стратегический актив, а не просто ресурс. Технологии Третьей промышленной революции, такие как автоматизация и интернет, ускорили этот процесс перехода, сделав интеллектуальный капитал ключевым фактором успеха компаний и повысив значимость профессионального развития сотрудников.

4. Глобализация и рост экономики знаний усилили необходимость адаптации HR-стратегий к международным условиям и культурным особенностям, а также к новым формам работы, включая удалённую занятость. В эпоху Четвёртой промышленной революции вызовы, такие как дефицит цифровых навыков и быстрое развитие технологий, привели к созданию новых HR-моделей, ориентированных на гибкость и использование ИИ для оптимизации процессов. Эти модели помогают компаниям сосредоточиться на стратегических задачах, таких как развитие талантов и улучшение вовлечённости сотрудников.

5. Современные компании уделяют большое внимание созданию позитивной рабочей среды и удержанию талантов, что стало ключевым элементом успешного развития в условиях глобальной конкуренции. Успешная адаптация HR-функций требует сочетания технологических инноваций с акцентом на человеческий капитал, что позволяет обеспечивать устойчивое развитие в цифровую эпоху.

6. Сравнительный анализ роли «исполнителя» задач бизнес-процессов между генеративным ИИ и сотрудником-человеком выявляет ключевые различия в их возможностях и ограничениях. ИИ обеспечивает объективность и непрерывную производительность, исключая такие человеческие факторы, как усталость и стресс, свойственные человеку, что делает его эффективным инструментом для быстрого реагирования и анализа данных. Однако качество работы ИИ ограничивается такими проблемами, как галлюцинации, предвзятость в обработке информации и недостаточная объяснимость решений. Это указывает на необходимость улучшения алгоритмов ИИ и повышения точности его выводов.

7. Одним из значимых факторов является предвзятость, проявляемая как в алгоритмах ИИ, так и в отношении к нему со стороны пользователей. Часто ошибки ИИ воспринимаются более критично, чем аналогичные ошибки, допускаемые людьми, что связано с завышенными ожиданиями от технологий. В результате этого к ИИ предъявляются более жёсткие требования по качеству решений. Для минимизации таких рисков важно не только совершенствование алгоритмов, но и управление ожиданиями пользователей относительно возможностей ИИ.

8. Эффективное внедрение ИИ требует комплексного подхода, включающего технические, этические и социальные аспекты. Этическая матрица, как динамический инструмент, может служить полезным механизмом для оценки воздействия ИИ на различные группы стейкхолдеров и анализа потенциальных рисков. Внедрение таких подходов позволяет заранее выявлять зоны риска, корректировать работу алгоритмов и создавать условия для успешной цифровой трансформации. Гибридные модели взаимодействия ИИ и человека, основанные на их взаимном дополнении, являются перспективным направлением, способным повысить эффективность бизнес-процессов и качество принимаемых решений.

9. Гибридный интеллектуальный капитал (ГИК) представляет собой новый этап в эволюции человеческого капитала, интегрируя взаимодействие с искусственным интеллектом и роботизированными системами. ГИК предоставляет предприятиям возможности ускорения процессов разработки продуктов, улучшения качества решений благодаря анализу больших данных и повышения производительности за счет оптимального распределения задач между людьми и ИИ. Однако успех внедрения ГИК требует значительной адаптации управленческих и технических процессов для эффективной работы гибридных команд, сочетающих человеческий интеллект и автоматизированные системы.

10. Ключевые вызовы включают сложности интеграции ИИ в рабочие процессы, этические вопросы замещения человеческого труда и культурные аспекты взаимодействия людей и машин. Необходимы новые компетенции для управления гибридными командами, усиление кибербезопасности и разработка правовых основ для регулирования работы с ГИК. Комплексный подход, учитывающий как технологические, так и управленческие аспекты, позволит предприятиям более успешно адаптироваться к постоянно меняющимся условиям рынка и технологий.

11. Человекоцентричный подход становится важным элементом внедрения ГИК, который можно отразить в концепции корпоративной культуры «7U». Ключевые основы этой культуры, такие как персонализированные технологические решения и гибкие условия труда, способствуют интеграции ИИ и роботов, что повышает производительность, вовлеченность сотрудников и инновационный потенциал. Таким образом, ГИК не только облегчает труд, но и усиливает взаимодействие всех элементов капитала, обеспечивая более высокую эффективность и конкурентоспособность предприятий.

12. Гибридный интеллектуальный капитал требует развития новых навыков, таких как критическое мышление, взаимодействие с ИИ и роботизированными системами, для поддержания конкурентоспособности. Компании должны больше сосредоточиться на навыках, а не на традиционных университетских квалификациях и профессиях, чтобы адаптироваться к изменениям, обеспечить гибкость и стимулировать инновации.

13. С ростом спроса на технологические, социальные и эмоциональные навыки особенно актуальными становятся лидерские и управленческие компетенции, в то время как базовые когнитивные профессии подвергаются автоматизации. В этих условиях предприятия должны развивать стратегии переподготовки и междисциплинарного сотрудничества, внедряя подходы, ориентированные на навыки. Понимание того, что прошлый опыт сотрудников не всегда применим к новым ролям, подчёркивает важность постоянного обновления навыков и адаптивности в условиях быстро меняющегося ландшафта.

14. Применение традиционных подходов к организационным изменениям часто сталкивается с сопротивлением персонала, культурными барьерами и нехваткой ресурсов. Для успешного внедрения гибридных технологий необходимы механизмы, повышающие вовлеченность сотрудников, к которым следует отнести создание гибких команд и использование сильных сторон (компетенций,

навыков) сотрудников. Оценка навыков сотрудников с последующим фокусным планированием развития необходимых навыков, используя матрицу задач и навыков (МЗН), позволяет организациям гибко управлять кадровыми ресурсами и повышать производительность труда.

15. Создание индивидуальных профилей сотрудников (ИПС) на основе МЗН представляет собой инновационный подход к управлению персоналом, который позволяет точно оценивать потенциал сотрудников и разрабатывать персонализированные планы их развития. ИПС интегрирует данные о текущем уровне навыков, квалификациях и опыте работников, а также целевые показатели их развития, что способствует долгосрочному планированию кадровых стратегий. Внедрение таких профилей способствует более эффективному использованию кадровых ресурсов в условиях цифровой эры.

РАЗДЕЛ 4. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ В ЭПОХУ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

4.1. Цифровая трансформация: новый этап эволюции бизнес-моделей предприятий

В условиях современной цифровой экономики эволюция бизнес-моделей компаний достигает своей кульминации через процесс цифровой трансформации. Влияние информационных технологий и эволюционных процессов, о которых шла речь в предыдущих разделах текущей работы, коренным образом меняет подходы к управлению и организации бизнеса. Снижение транзакционных издержек и возможность делегировать неосновные функции внешним партнёрам благодаря цифровизации создают предпосылки для построения гибких и адаптивных бизнес-структур. Цифровая трансформация является логическим продолжением этих изменений, помогая компаниям не просто адаптироваться, а полностью переосмыслить свои операционные модели, наделяя их динамичностью и способностью быстро реагировать на изменения.

Сегодня цифровая трансформация становится не просто трендом, а ключевым этапом эволюции компаний. Она позволяет пересмотреть границы их деятельности, улучшить интеграцию технологий и людей, что, в свою очередь, усиливает их конкурентные позиции. Например, использование в своих бизнес-моделях платформ, а также стратегические партнёрства, основанных на данных и инновациях, формирует новый тип экономики, где компании получают устойчивые преимущества через цифровые решения. Таким образом, цифровая трансформация — это не просто технический процесс, а вершина эволюции бизнес-экосистем, которая ставит на первый план эффективность, адаптивность и устойчивое развитие в условиях цифровой эпохи.

Цифровая трансформация (далее ЦТ) — это перестройка организации с целью создания ценности путем постоянного масштабирования технологий. Это включает в себя интеграцию таких технологий, как интернет вещей, облачные сервисы, анализ больших данных и искусственный интеллект в бизнес-процессы (Strilets et al., 2022). Четкая стратегия цифровой трансформации, ориентированная на конкретные области и поддерживаемая набором конкретных возможностей, имеет решающее значение для организаций не только для конкуренции, но и для выживания. ЦТ — это не одноразовый проект; большинство компаний будут находиться в этом путешествии до конца своего существования. Цифровая трансформация — это фундаментальная перестройка того, как работает организация. ЦТ затрагивает не только операционные процессы, но и бизнес-модели в целом, что приводит к масштабным изменениям в компаниях (Yanovska et al., 2019). Цель цифровой трансформации должна заключаться в создании конкурентного преимущества путем постоянного масштабного развертывания технологий для улучшения клиентского опыта и снижения затрат. Необходимо выстроить всю организацию вокруг программы ЦТ. Правильно построенная стратегия цифровой трансформации требует рекомендаций непосредственно от компаний (подход «снизу вверх») (Hansen, 2021). Рассмотрим ключевые аспекты цифровой трансформации.

Цифровые изменения отличаются от обычных бизнес-преобразований как в малом, так и в большом смысле. Во-первых, бизнес-преобразования обычно реализуются в виде отдельного проекта с конкретными измеримыми целями в конкретный срок и заканчиваются, как только достигается новое поведение или достигается требуемый результат. С другой стороны, цифровые преобразования — это долгосрочные усилия по перепрограммированию того, как организация непрерывно совершенствуется и меняется (как это происходит в LEAN). В этом есть необходимость по причине того, что технологии, которые постоянно развиваются, все больше интегрируются в бизнес. Учитывая растущую важность ИИ в формировании бизнес-информации и обеспечении логики принятия решений, любая ЦТ также должна быть включать внедрение ИИ.

ЦТ и управление изменениями. Не менее важное в ЦТ интеграция продуманного внедрение с функциональной областью «управления изменениями». Еще десять лет назад цикл внедрения технологий представлял собой линейный процесс сбора требований, разработки решений, тестирования

и последующего обучения конечного пользователя. Этот процесс часто приводил к низким показателям внедрения и, в конечном итоге, низкой ценности для бизнеса. Цифровые преобразования следуют гораздо более итеративному процессу проектирования, создания прототипов, сбора отзывов и улучшения решения с короткими циклами PDCA (Taufik, 2020). Как правило, на каждый доллар, потраченный на разработку цифрового решения, планируйте потратить как минимум еще один доллар на внедрение изменений процесса, обучение пользователей и инициативы по управлению изменениями. Компании должны думать о внедрении и масштабировании в начале своей трансформации, чтобы они могли заранее запланировать и вложить ресурсы, необходимые для реализации изменений.

Обновление стратегии. ЦТ сопровождается разработкой и обновлении стратегии, ориентированную на ценность бизнеса. Проводимая трансформация должна руководствоваться дорожной картой имплементации стратегии, в которой подробно описаны решения и ресурсы.

Лидерство и роль руководства. Успешная ЦТ охватывает множество функций организации, требующих интеграции и нового способа взаимодействия. Для этого необходимы значительные, координированные инвестиции, которые затрагивают все уровни компании. В условиях такой трансформации роль генерального директора становится ключевой. Только он или она обладает полномочиями и видением, достаточными для осуществления устойчивых изменений такого масштаба. Одной из важнейших задач генерального директора является обеспечение согласованности действий всех подразделений, приверженности общей стратегии и подотчетности среди руководящей команды. Без сильного руководства, которое объединяет всех участников трансформации и создает единое видение, процесс цифровых изменений может столкнуться с препятствиями, связанными с внутренними конфликтами или несогласованностью. Таким образом, генеральный директор становится не просто инициатором изменений, но и гарантом их устойчивости и успешности.

Другие руководители высшего звена играют также важную роль в обеспечении успешной цифровой трансформации, каждый из них берет на себя определённые задачи в рамках общего процесса изменений. Директор по информационным технологиям отвечает за внутренние технологические улучшения, направленные на повышение эффективности работы компании. В то время как директор по технологиям сосредоточен на разработке инновационных решений, улучшая клиентские предложения с использованием современных технологий. Директор по цифровым технологиям часто является сопредседателем трансформации, отвечая за внедрение цифровых и ИИ-технологий для создания нового опыта пользователей, что делает его важным звеном в процессе изменения организации. Директор по кадрам играет стратегическую роль, обеспечивая наличие цифровых талантов и внедряя передовые методы управления ими для их развития и удержания. Финансовый директор контролирует бизнес-кейс трансформации, следя за тем, чтобы проекты достигали своих целей в срок и в рамках бюджета. Директор по рискам, в свою очередь, интегрирует механизмы управления рисками в процесс разработки, акцентируя внимание на новых угрозах, таких как вопросы конфиденциальности данных и кибербезопасности, возникающих в результате внедрения цифровых и ИИ-технологий. Другие функциональные директора также вносят ценный вклад в цифровую трансформацию, адаптируя свои области: директор по маркетингу внедряет цифровые стратегии для улучшения взаимодействия с клиентами, директор по продажам использует аналитику и автоматизацию для повышения эффективности, директор по операционной деятельности оптимизирует бизнес-процессы с помощью технологий, а директор по закупкам улучшает цепочки поставок с помощью передовых решений, таких как ИИ и блокчейн. Таким образом, каждый из директоров вносит критический вклад в координацию, управление и реализацию устойчивых изменений в компании.

Децентрализация полномочий. Важной составляющей ЦТ есть распределенная технология, которая позволяет отдельным командам самостоятельно вводить новшества. Речь идет о полной децентрализации полномочий, ответственности и инструментария, в результате чего технологии в организации облегчают командам доступ к необходимым ей данным, приложениям и инструментам

разработки программного обеспечения. Эта распределенная среда обеспечивает, во-первых, продуманное использование API для отключения отдельных приложений; во-вторых, доступность инструментов разработчика; в-третьих, выборочную продуманную миграцию высокоценных рабочих нагрузок в облако; и наконец, все это работает на автоматизированной инфраструктуре, одним из примеров которой может быть центральная платформа.

Взаимодействие ИТ и бизнес-заказчиков. В контексте традиционной практики взаимодействия ИТ и бизнес-заказчиков бизнес традиционно устанавливает требования, а ИТ-специалисты разрабатывают решения на их основе. Однако в цифровой культуре подход меняется кардинально: требования как таковые перестают быть центральной концепцией. Вместо этого формируется кросс-функциональная команда, включающая бизнес-экспертов, технологов и контрольные функции, которая совместно решает конкретные бизнес-проблемы или проблемы клиентов. В такой среде ключевым становится не исполнение списка требований, а совместная работа над поиском оптимального решения для выявленной проблемы. Это смещение акцента с выполнения заданий на создание решений открывает больше пространства для гибкости, креативности и адаптивности, что особенно важно в условиях постоянной цифровой трансформации. Такой подход требует от команды целостного понимания бизнес-задач и интеграции компетенций различных членов команд для достижения наилучших результатов, что значительно повышает эффективность и адаптивность компании в условиях быстроменяющегося рынка.

Архитектура данных. В рамках цифровой трансформации ключевую роль занимает архитектура данных, обеспечивающая создание и доступность данных для всех команд внутри организации. Данные должны быть структурированы таким образом, чтобы они могли легко потребляться различными подразделениями и приложениями, а также подвергаться регулярной оценке и обновлению. Центральным элементом данной архитектуры является продукт данных, который объединяет разрозненные фрагменты информации в связную структуру, обеспечивая их эффективное использование на всех уровнях компании. Эта структура представляет собой интеграцию продуктов и платформ, где центральное место занимает набор платформенных сервисов, поддерживающих распределённую сеть автономных команд. Эти команды наделены независимостью и несут ответственность за достижение конкретных бизнес-целей, пользуясь при этом услугами централизованной платформы. Несмотря на автономность, их деятельность направлена на достижение общих стратегических целей компании и подчинена установленным корпоративным стандартам. Это сочетание децентрализации и согласованности позволяет эффективно управлять ресурсами и достигать корпоративных целей в условиях постоянно изменяющейся бизнес-среды (Smaje, 2024).

Цифровой двойник. Перед проведением цифровой трансформации реальных бизнес-процессов оптимальным решением является использование «цифрового двойника» (digital twin), который предоставляет возможность проведения экспериментов до внедрения изменений в реальную систему. Цифровые двойники (ЦД) состоят из двух основных компонентов: высокоточной модели объекта и динамического механизма, обеспечивающего актуализацию модели даже при изменениях самого объекта.

В промышленной среде датчики Интернета вещей (IoT) зачастую используются для обновления данных в реальном времени. Например, эти технологии играют ключевую роль в прогнозировании и оптимизации энергоэффективности зданий путем мониторинга в реальном времени и управление энергетическими системами, что способствует созданию более устойчивой и экологически безопасной городской среды (Shafiq, 2024). Применение цифровых двойников позволяет интегрировать реальные данные для повышения операционной эффективности и снижения затрат на энергоресурсы, что является важным шагом к экологической устойчивости зданий.

Цифровые двойники и предсказательные модели, такие как LSTM и фильтр Калмана, играют важную роль в точном прогнозировании энергопотребления, благодаря обработке временных рядов данных и оптимизации энергетических процессов (Yang, 2023; Mousavi, 2023). Эти технологии открывают новые возможности для устойчивого строительства, особенно в условиях неопределенности,

вызванной изменениями климата (Kermiche, 2023). Цифровые двойники представляют собой особенно ценные инструменты для критически важных приложений, где проведение экспериментов с физическими системами является непрактичным из-за высоких затрат, сложности или потенциальной опасности. Эффективность ЦД напрямую зависит от его точности, которая, в свою очередь, обусловлена доступностью данных. Однако из-за ограниченного объема данных внедрение ЦД все еще находится на начальном этапе.

В ответ на проблему дефицита данных можно использовать гибридную методологию, которая объединяет человеческие знания с алгоритмами искусственного интеллекта (Apte, 2024). Эти знания включают научные концепции и результаты многолетних эмпирических исследований, накопленные экспертами в соответствующих предметных областях. Предложенный метод включает следующие этапы:

1. Построение предварительной модели цифрового двойника на основе экспертных знаний.
2. Выбор и обучение оптимального алгоритма ИИ с использованием эмпирических правил и/или научно обоснованного симулятора.
3. Оптимизация и уточнение модели ЦД с помощью ИИ. Дополнительная точность достигается за счет использования выборочных данных с датчиков IoT, где это возможно.
4. Верификация и подтверждение правильности рекомендаций ИИ со стороны эксперта.
5. Повторение этапов 3 и 4 по мере необходимости.

Примером создания ЦД есть производство полупроводников, где полный процесс создания сложного процессора или микросхемы памяти состоит из нескольких сотен шагов, и на каждом шаге есть десятки параметров процесса, таких как температура, давление и скорость потока газа. Задача состоит в том, чтобы поддерживать каждый из этих параметров в пределах чрезвычайно жестких допусков и понимать их сложные взаимодействия. Это часто требует дорогостоящих экспериментов методом проб и ошибок и длительной аналитики. ЦД могут принести огромную пользу, сокращая затраты и время, необходимое для разработки новых процессов, но данные для разработки этих моделей ограничены, учитывая, что работа исследует новую территорию. Кроме того, обмен данными по всей цепочке поставок резко ограничен из-за чрезвычайной чувствительности к интеллектуальной собственности.

Данная методология, идеально подходит для производства полупроводников, позволяя создать процесс, в котором точно предсказывают производительность чипа и предоставляют оптимальный рецепт для достижения наилучшего результата. По его расчетам, в полупроводниковых операциях ЦД могут сократить время разработки новых полупроводников вдвое. Применение гибридного подхода, где интегрируются экспертные знания людей с ИИ и циклом непрерывной тонкой настройки и улучшения ЦД путем внесения корректировок по информации из датчиков и умозаключений, позволяет обходить проблему недостаточности данных для обучения ИИ при создании ЦД в той или иной прикладной области.

Использование ЦД позволяет компаниям моделировать и оптимизировать сложные системы без риска для реальных объектов, что особенно важно для критически важных и затратных процессов, таких как производство полупроводников. Однако полноценное внедрение ЦД сталкивается с проблемой недостатка данных для их разработки и обучения. Гибридные методы, объединяющие экспертные знания с алгоритмами ИИ, предоставляют решение этой проблемы, позволяя обойти ограничения, связанные с недостаточной доступностью данных.

Барьеры. Цифровая трансформация, как и любой другой длительный процесс изменений, на своем протяжении сталкивается с рядом барьеров, часть из которых есть классическими, а другие – есть особенностью самого процесса цифровой трансформации. К первым относятся: ошибки при выборе партнера внедрения, которые включают его опыт в таких процессах, поддержку в процессе и после внедрения, знание предметной области и прочее; общее снижение интереса к технологии и процессу трансформации из-за отсутствия быстрого возврата инвестиций или полученного ожидаемого эффекта; риск застрять в пилотах без тиражирования; отрыв от реальности (реальных связей с

пользователями, их потребностями и ожиданиями); отсутствие достаточных компетенций сотрудников; саботаж сотрудников; прочее. К сугубо рискам проекта цифровой трансформации можно отнести нехватку данных для обучения ИИ; не полный охват данных из доступных; неэффективное решение выбора модели для конкретной сферы использования: своя модель вместо адаптации готовых решений ИИ или наоборот. Своевременное и полное применение инструментов из дисциплины «управление изменениями» даст возможность проходить эти барьеры управляемо и с минимальными потерями.

Выводы. Цифровая трансформация представляет собой не только логическое продолжение процессов цифровизации, но и кульминацию эволюции бизнес-моделей компаний. Основные акценты цифровой трансформации заключаются в пересмотре границ деятельности компаний, создании гибких и динамичных структур, а также в интеграции технологий, таких как облачные сервисы, искусственный интеллект и интернет вещей, в бизнес-процессы.

ЦТ, в отличие от традиционных бизнес-преобразований, представляет собой непрерывный процесс изменений, что требует от компаний не только адаптации, но и полной перестройки операционных моделей. Центральным элементом здесь становится использование инновационных решений, таких как цифровые двойники, которые позволяют моделировать и оптимизировать сложные системы, улучшая операционную эффективность и снижая затраты. Успех цифровой трансформации определяется не только внедрением инновационных технологий, но и их правильным масштабированием и адаптацией к специфике предприятия.

При этом ЦТ требует четко выстроенной стратегии, ориентированной на долгосрочную ценность бизнеса, с акцентом на лидерство высшего руководства. Важнейшую роль в этом процессе играет децентрализация полномочий, которая способствует ускорению внедрения инноваций и повышению адаптивности. Внедрение технологий должно сопровождаться не только техническими изменениями, но и продуманным управлением изменениями, что включает обучение сотрудников, организацию работы кросс-функциональных команд и постоянную оптимизацию бизнес-процессов. Таким образом, цифровая трансформация становится не просто трендом, а ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность и устойчивое развитие компаний в условиях цифровой экономики.

4.2. Искусственный интеллект и Канва бизнес-модели предприятия

В условиях стремительного развития технологий Четвертой промышленной революции искусственный интеллект становится неотъемлемым элементом трансформации бизнес-моделей современных предприятий. Влияние ИИ затрагивает ключевые компоненты Канвы бизнес-модели (Osterwalder, 2009; Pimenov, 2022), приводя к фундаментальным изменениям в способах создания, передачи и захвата ценности (см. рис. 3). Этот процесс особенно проявляется в сегментации клиентских групп, что наглядно демонстрирует трансформацию блока «Клиентские сегменты» (Customer Segments) в Канвы бизнес-модели.

Ключевые партнеры	Основные виды деятельности	Ценностные предложения	Отношения с клиентами	Клиентские сегменты
	Ключевые ресурсы		Каналы сбыта	
Структура затрат		Потоки доходов		

Рис. 3. Канва бизнес-модели (Osterwalder, 2009)

Клиентские сегменты. Исторически сегментация клиентских групп основывалась на формальных демографических и поведенческих критериях, таких как возраст, пол, доход и покупательские привычки, что позволило маркетологам предлагать персонализированные решения для целевых

групп. В начале 2000-х годов такие подходы рассматривались как новаторские, предоставляя возможность отхода от массового маркетинга и перехода к стратегии более точного таргетинга, направленного на удовлетворение потребностей отдельных сегментов.

Однако с развитием технологий искусственного интеллекта и машинного обучения произошел качественный скачок в понимании и сегментации клиентских групп. ИИ помогает компаниям обрабатывать огромные массивы данных о поведении и предпочтениях клиентов в режиме реального времени, что приводит к более точной и глубокой персонализации предложений. Например, на Филиппинах, где 97% пользователей мобильных телефонов пользуются предоплаченными тарифами, использование генеративного ИИ для сегментации базы абонентов уже сегодня позволяет предоставлять персонализированные предложения клиентам (Saeed, 2024).

Современные методы анализа данных выходят за рамки традиционной сегментации, интегрируя поведенческие, психографические и контекстные данные, а также учитывая индивидуальные потребности каждого клиента. Таким образом, технологии ИИ предоставляют возможность создавать динамичные сегменты клиентов, адаптируясь к их меняющимся потребностям и контексту взаимодействия. Все это открывает возможности для гиперперсонализации предложений, направленных не на группы клиентов, а на каждого отдельного человека. Таким образом, традиционная сегментация, основанная на выделении больших групп потребителей, становится менее актуальной. Клиенты теперь ожидают персонализированного опыта, основанного на их индивидуальных предпочтениях и привычках, а не на сегментации по группам. В результате, создание 360-градусного представления о клиенте становится возможным через накопление и анализ данных, что позволяет предоставлять более точные и своевременные услуги, отвечающие конкретным нуждам каждого клиента. Современные технологии позволяют создавать уникальные предложения для каждого клиента, что значительно меняет саму суть сегментирования потребителей, трансформируя его из группового подхода в индивидуальный.

Ценностные предложения. Также под влиянием технологий Четвёртой промышленной революции значительно эволюционировал сектор *"Ценностные предложения"* (*Value Propositions*) значительно эволюционировал. Если ранее ценностные предложения были направлены на удовлетворение потребностей крупных клиентских сегментов, то современные технологии позволяют компаниям быстрее реагировать на меняющиеся потребности рынка. Искусственный интеллект и анализ больших данных стали ключевыми инструментами для разработки инновационных продуктов, оптимально соответствующих запросам потребителей.

ИИ помогает не только в создании персонализированных решений, но и в значительном ускорении процесса разработки новых продуктов. Благодаря использованию ИИ компании способны моделировать различные сценарии, прогнозировать реакцию рынка и снижать вероятность ошибок на этапах прототипирования. Это приводит к сокращению времени, необходимого для тестирования и апробации, что в свою очередь ускоряет жизненный цикл продукта и позволяет быстрее выйти на рынок.

Одним из ярких примеров применения ИИ является фармацевтическая отрасль, где технологии искусственного интеллекта и машинного обучения активно используются для ускорения процесса открытия и разработки лекарственных препаратов. Эти технологии внедряются на различных этапах, включая идентификацию терапевтических целей, создание библиотек химических соединений, моделирование синтеза и оптимизацию процедур скрининга (Mcspair, 2022). В результате компании могут внедрять инновации с большей скоростью, что способствует повышению их конкурентоспособности и адаптивности в условиях быстро меняющегося рынка.

Каналы сбыта. Искусственный интеллект существенно оптимизирует процессы доставки ценности клиентам, что привело к значительным изменениям в секторе *«Каналы сбыта»* (*Channels*) Канвы бизнес-модели. Если ранее каналы сбыта представляли собой преимущественно традиционные подходы, включающие физические магазины, точки продаж и прямую рекламу, то с развитием цифровых технологий и ИИ изменились не только сами каналы, но и стратегии их использования. Современные

технологии предоставляют компаниям возможность интегрировать физические и цифровые каналы, формируя омниканальные системы сбыта, которые обеспечивают бесшовное и единое взаимодействие с клиентами (Gerea, 2022).

Омниканальная стратегия является важным аспектом современной бизнес-модели, так как она позволяет компаниям объединить все точки взаимодействия с клиентом в единую экосистему, что существенно улучшает клиентский опыт (Basaran, 2022). Это включает в себя интеграцию традиционных каналов с цифровыми платформами, такими как веб-сайты, мобильные приложения, социальные сети и физические точки продаж. Искусственный интеллект играет ключевую роль в оптимизации этих каналов, автоматизируя процессы управления логистикой, контролем запасов и обеспечением персонализированного клиентского взаимодействия.

Инструменты на базе ИИ, такие как виртуальные ассистенты, чат-боты и рекомендательные системы, значительно улучшают взаимодействие с клиентами на каждом этапе их пути — от поиска информации о продукте до оформления заказа. Эти технологии позволяют компаниям не только повысить эффективность операций, но и обеспечивают более точное удовлетворение потребностей клиентов, тем самым увеличивая их лояльность и удовлетворенность.

Кроме того, ИИ позволяет значительно сократить время на тестирование новых каналов сбыта, предлагая возможность анализа данных в режиме реального времени. Это даёт компаниям возможность быстро адаптироваться к изменениям на рынке и эффективно запускать новые каналы с минимальными затратами. Таким образом, каналы сбыта становятся более гибкими и персонализированными, что способствует увеличению продаж и улучшению взаимодействия с клиентами. Однако, чрезмерная автоматизация и использование ИИ в каналах сбыта могут создать зависимость от технологий, что делает бизнес уязвимым к сбоям систем или кибератакам. С другой стороны, клиенты, которые приходят в компании с омниканальными продажами, они же уходят от других, и вероятнее всего они уходят от компаний малого и среднего бизнеса, которые не успевают и не могут адаптироваться к меняющимся условиям, что ставит под угрозу их выживание.

Взаимоотношения с клиентами. В условиях цифровой трансформации маркетинговые кампании превратились в сложные многокомпонентные процессы, требующие интеграции различных программных инструментов, платформ и приложений. Это изменение оказывает значительное влияние на сектор «Взаимоотношения с клиентами» (*Customer Relationships*) Канвы бизнес-модели. Для того чтобы эффективно переводить бизнес-цели и рыночные тренды в маркетинговые стратегии, команды сталкиваются с необходимостью разработки и адаптации контента — как письменного, так и визуального — для различных сегментов клиентов. Одновременно требуется проведение тестирования кампаний на множестве цифровых платформ. Этот процесс зачастую оказывается трудоемким и требует значительной координации ресурсов.

Современные технологии искусственного интеллекта существенно упростили решение этих задач, позволяя автоматизировать и ускорить ключевые аспекты взаимодействия с клиентами. Например, ИИ способен анализировать отзывы пользователей в социальных сетях в режиме реального времени, что помогает бизнесу лучше понимать настроение и предпочтения своей аудитории (Rosário, 2024). Инструменты анализа настроений в реальном времени, основанные на методах интеллектуального анализа текста, предоставляют компаниям возможность оперативно реагировать на проблемы клиентов на основе немедленной обратной связи, тем самым способствуя улучшению продуктов и услуг (Naroon et al., 2024). Благодаря таким технологиям компании могут моментально усиливать и распространять положительные отзывы, повышая лояльность клиентов, в то время как на негативные комментарии можно реагировать своевременно, минимизируя репутационные риски. Это не только улучшает взаимоотношения с клиентами, но и повышает общую эффективность маркетинговых кампаний, обеспечивая более глубокую интеграцию бизнес-стратегий и клиентских ожиданий.

Более того, ИИ-инструменты предлагают возможности интеграции маркетинговых экосистем через системы на основе агентов. В таких системах маркетологи могут описать целевую аудиторию, цели кампании и каналы продвижения на естественном языке, а ИИ-агенты помогут разработать,

протестировать и оптимизировать кампанию. Агенты по маркетинговой стратегии могут собирать информацию с платформ CRM, проводить онлайн-опросы и анализировать рыночные данные с целью создания персонализированных предложений для каждого клиента. Агенты по контент-маркетингу и копирайтинг могут генерировать адаптированные материалы, которые затем проверяются специалистами на соответствие бренду. Эта коллаборация между ИИ и маркетологами позволяет сократить время на подготовку кампаний, ускорить их запуск и обеспечить более точное соответствие потребностям клиентов, что укрепляет их долгосрочные отношения с компанией.

С другой стороны, внедрение новых технологий, в частности автоматизация процессов общения с клиентами, может привести к снижению уровня личного контакта, что способно негативно сказаться на построении доверительных отношений и общем уровне удовлетворенности клиентов. Автоматизированные системы, такие как чат-боты и виртуальные ассистенты, хотя и способствуют увеличению эффективности взаимодействия, могут недостаточно учитывать эмоциональные и индивидуальные потребности клиентов, что особенно важно в процессе формирования лояльности.

Персонализированные предложения, основанные на данных, собранных с помощью ИИ, также имеют свои ограничения. Частая и навязчивая демонстрация таких предложений может вызвать у клиентов эффект «выгорания» — отторжение постоянных маркетинговых стимулов, что снижает их эффективность и может даже негативно сказаться на восприятии компании. Вместо повышения продаж, такие подходы могут вызывать у клиентов чувство перегруженности и усталости от навязчивой рекламы, что, в свою очередь, ведет к ухудшению восприятия бренда.

Особое внимание следует уделить использованию ИИ-агентов в сфере обработки рекламаций и жалоб. Хотя автоматизация этих процессов может сократить время ответа и повысить оперативность, неспособность ИИ эффективно разрешить сложные проблемы клиента или предложить адекватное решение может привести к снижению репутации компании. В случаях, где требуется глубокое понимание ситуации и эмоциональный интеллект, механистический подход ИИ может оказаться недостаточным. Это подчеркивает важность сохранения баланса между использованием технологий и обеспечением человеческого фактора в процессе взаимодействия с клиентами, особенно при разрешении конфликтных ситуаций.

Потоки доходов. Традиционные источники доходов, такие как продажа товаров и услуг, в последние годы подверглись значительной трансформации, обогатившись новыми способами монетизации, возникающими в результате использования цифровых технологий и возможностей искусственного интеллекта. Эти изменения оказывают глубокое влияние на сектор *«Потоки доходов» (Revenue Streams)* Канвы бизнес-модели. Одним из ключевых преобразований стало внедрение персонализированных подходов к ценообразованию. С помощью ИИ и анализа больших данных компании могут динамически адаптировать цены в зависимости от предпочтений клиентов, текущих рыночных условий и уровня конкуренции, что позволяет значительно увеличивать доходы. Примером этому служат системы динамического ценообразования, активно используемые в таких отраслях, как гостиничный бизнес (Khoalenyane, 2024) и авиаперевозки (Firat, 2021), где стоимость услуг может изменяться в режиме реального времени на основе спроса, сезонных колебаний или поведения конкретного клиента, создавая более гибкие и прибыльные ценовые стратегии.

Дополнительно, ИИ способствует развитию инновационных бизнес-моделей, таких как подписки, премиум-сервисы и микроплатежи, что открывает новые возможности для монетизации. Эти модели обеспечивают предприятиям стабильные источники дохода за счёт регулярных платежей, при этом базовые услуги часто предоставляются бесплатно, а доступ к расширенным функциям предлагается за дополнительную плату. Такой подход позволяет бизнесу формировать долгосрочные отношения с клиентами и предлагать гибкие решения, адаптированные к индивидуальным потребностям потребителей.

Благодаря тому, что технологии Четвёртой промышленной революции способствуют ускорению жизненного цикла продукта, сокращая время, необходимое для разработки и вывода инновацион-

ных решений на рынок, предприятия способны чаще обновлять ассортимент продукции и увеличивать количество точек контакта с клиентами, что способствует генерации новых потоков доходов. В дополнение к этому, ИИ позволяет компаниям лучше планировать свои предложения и прогнозировать спрос, обеспечивая более точное управление ассортиментом и разработку новых источников монетизации, таких как модели совместного использования, аренды, подписки и концепции «продукта как услуги» (PaaS).

Хотя технологии Четвёртой промышленной революции действительно оказывают значительное влияние на трансформацию подходов к генерации доходов, делая их более гибкими, персонализированными и ориентированными на долгосрочную устойчивость и конкурентоспособность компаний, эта технологическая эволюция сопровождается неравномерным распределением возможностей между различными участниками рынка. Экономическая реальность такова, что, если одни предприятия стремительно растут и развиваются, другие – сталкиваются со стагнацией или вынуждены прекращать свою деятельность. Одним из главных факторов этого является исчерпание потоков доходов, особенно среди малых и средних предприятий, которые оказываются в зоне наибольшего риска.

Отсутствие или недостаточность ресурсов для технологического обновления существенно ограничивает способность таких предприятий адаптироваться к быстро меняющимся рыночным условиям. Во-первых, недостаточные инвестиции в новые технологии препятствуют их конкурентоспособности, лишая возможности эффективно реагировать на вызовы цифровой трансформации. Во-вторых, сложности с внедрением автоматизированных процессов ведут к снижению операционной эффективности, увеличению издержек и, как следствие, сокращению маржи. Также МСБ сталкиваются с уникальными вызовами в отношении разработки новых продуктов и внедрения инноваций, что ставит их в невыгодное положение по сравнению с крупными компаниями (Allocca, 2006).

Кроме того, малые и средние предприятия (МСП) часто сталкиваются с ограниченными ресурсами для обеспечения необходимого уровня кибербезопасности, что делает их особенно уязвимыми перед кибератаками и утечками данных. Исследования показывают, что, несмотря на осведомлённость МСП об угрозах, связанных с безопасностью устройств Интернета вещей (IoT), им зачастую не хватает специализированных знаний и навыков для защиты от всех возможных векторов атак (Beckert, 2023). Это создает дополнительные риски в условиях растущей зависимости бизнеса от цифровых технологий. В условиях растущей зависимости бизнеса от цифровых решений, утрата данных или нарушение работы информационных систем может иметь катастрофические последствия для их деятельности. Недоступность современных технологий также может приводить к снижению качества продукции и услуг, что негативно сказывается на уровне удовлетворенности клиентов и их лояльности.

Таким образом, малый и средний бизнес сталкивается с серьёзной угрозой быть вытесненным с рынка, поскольку более крупные, технологически оснащённые компании продолжают наращивать долю рынка, используя передовые инструменты для увеличения доходов и повышения эффективности. В результате такие предприятия рискуют оказаться на периферии рынка, потеряв необходимые потоки доходов, что ставит под угрозу их дальнейшее существование. Это особенно актуально, учитывая, что МСП составляют значительную часть мировой экономики, представляя 90% предприятий и внося почти 50% в мировой ВВП (Polyatsky, 2023).

Ключевые ресурсы. Изменения в секторе «Ключевые ресурсы» (*Key Resources*) бизнес-модели предприятий под воздействием технологий Четвёртой промышленной революции существенно преобразуют традиционные представления о ресурсах, необходимых для функционирования и роста организаций. Наряду с физическими активами, финансовыми ресурсами и интеллектуальной собственностью, всё более важную роль начинают играть роботы и системы искусственного интеллекта, которые не только поддерживают, но и в ряде случаев заменяют или дополняют человеческие ресурсы.

Эволюция человеческих ресурсов в современном бизнесе характеризуется интеграцией ИИ и роботов в рабочие процессы, где эти технологии выполняют функции автоматизации рутинных задач и

значительного повышения эффективности сотрудников. Современные подходы позволяют использовать большие языковые модели (LLM) для оснащения роботизированных агентов когнитивными и социальными компетенциями, что обеспечивает открытое и продуктивное взаимодействие между человеком и роботом. Это достигается благодаря системной интеграции нейронных сетей и сенсоров, позволяющих роботам воспринимать и обрабатывать информацию из окружающей среды. Интеграция нескольких моделей глубокого обучения, таких как распознавание речи, генерация текстов, обнаружение объектов, оценка позы человека и жестов, позволяет роботам действовать в естественной и социальной среде, где LLM выступает координирующим центром (Wermter, 2024). Такая архитектура открывает возможности для создания интерактивных систем, которые обеспечивают высокую степень эмерджентного познания и взаимодействия.

Текущие тенденции ясно демонстрируют, что искусственный интеллект и роботы всё чаще функционируют как автономные ресурсы в структурах предприятий, принимая решения в реальном времени и управляя операционными процессами на основе анализа данных. Это значительно сокращает потребность в прямом вмешательстве человека и способствует оптимизации бизнес-операций. Однако, по мере роста автоматизации и расширения применения ИИ, возникает необходимость в новых навыках и компетенциях, требующихся от работников. Управление цифровыми системами, анализ больших данных и эффективное взаимодействие с ИИ становятся приоритетными задачами для персонала, что в корне изменяет природу ключевых ресурсов компании.

Теперь ключевыми ресурсами становятся не только роботизированные системы и технологии ИИ, но и высококвалифицированные специалисты, способные интегрировать, настраивать и контролировать эти системы. Такие специалисты играют важную роль в повышении конкурентоспособности компаний в условиях глобальной цифровой экономики. Этот процесс подчеркивает значимость гибридного интеллектуального капитала, который был подробно рассмотрен в соответствующих разделах текущей работы.

Таким образом, в будущем предприятия будут представлять собой гибридные экосистемы, в которых ключевыми ресурсами станут как люди, эффективно использующие ИИ и роботизированные системы в качестве помощников, так и автономные технологические решения. Такое распределение функций между человеческими и искусственными ресурсами позволит компаниям достигать высокой производительности, снижать издержки и быстрее адаптироваться к изменениям рыночных условий. В конечном итоге, такая трансформация создаст новые возможности для роста и устойчивого развития в условиях цифровой экономики.

Основные виды деятельности. Сектор «Основные виды деятельности» (*Key Activities*) претерпевает значительные изменения, переходя от традиционных производственных и управленческих процессов к цифровым и автоматизированным моделям, в которых ключевую роль начинают играть данные, искусственный интеллект и инновации. Одним из важнейших аспектов этой трансформации является ускорение и оптимизация основных процессов благодаря автоматизации. Например, автоматизированные производственные линии могут функционировать непрерывно, с минимальными остановками, что приводит к увеличению производительности и сокращению затрат на рабочую силу. В логистике использование дронов, автономных транспортных средств и ИИ-алгоритмов для управления маршрутами и запасами позволяет существенно сократить время доставки, повысить точность прогнозирования и оптимизировать управление цепочками поставок. Кроме того, обработка больших данных становится неотъемлемым элементом в процессе принятия решений, что позволяет компаниям улучшать свои стратегии, повышать эффективность разработки новых продуктов и совершенствовать клиентский опыт. В сфере исследований и разработок (R&D) анализ данных открывает возможности для создания более инновационных решений, что даёт компаниям конкурентные преимущества на рынке.

В перспективе можно ожидать дальнейшей трансформации «Основных видов деятельности» по мере того, как ИИ и роботизированные системы будут самостоятельно выполнять более сложные за-

дачи, связанные с управлением бизнесом. Это создаст условия для более гибких, динамичных бизнес-процессов, где интеграция технологий и управление данными станут ключевыми аспектами. Более того, обработка и управление данными могут эволюционировать в самостоятельные виды деятельности, которые возможно будет монетизировать, создавая новые источники доходов для предприятий.

Ключевые партнеры. Сегодня многие компании переходят к глубокой специализации в отдельных видах деятельности, передавая остальные функции на аутсорсинг, что усиливает значимость сектора «Ключевые партнеры» (*Key Partnerships*) в бизнес-модели. Этот процесс приводит к формированию сложных экосистем, включающих широкий круг участников, таких как поставщики, разработчики технологий и инновационные стартапы (Lu, 2020). Взаимодействие с этими партнерами позволяет компаниям интегрировать в свою ИТ-инфраструктуру решения на основе искусственного интеллекта, что способствует оптимизации внутренних процессов и сокращению затрат на разработку собственных технологий.

Одним из ключевых преимуществ такого подхода является возможность использования постоянно актуальных версий технологий, что избавляет компании от необходимости регулярно обновлять и поддерживать собственные системы. Это не только сокращает финансовые и временные затраты, но и повышает эффективность бизнеса. Новые партнерства на основе ИИ выходят за рамки традиционного аутсорсинга и могут включать совместную разработку продуктов, ко-инновации и интеграцию цифровых платформ, что открывает возможности для создания новых бизнес-моделей и дополнительных источников дохода.

Однако рост числа ключевых партнерств на основе ИИ также сопровождается увеличением рисков. Высокая зависимость от внешних технологий и партнеров делает компании уязвимыми к сбоям в работе этих технологий, что может негативно сказаться на операционной деятельности. Кроме того, усиление взаимодействия с партнерами приводит к возникновению новых вызовов в области конфиденциальности данных и кибербезопасности. Чем больше компаний подключается к единой цифровой экосистеме, тем выше риск утечек данных или кибератак, что может поставить под угрозу как корпоративные, так и клиентские данные. Таким образом, стратегические партнерства, основанные на использовании ИИ и других передовых технологий, предлагают значительные выгоды в плане оптимизации и инноваций, но требуют усиленного внимания к вопросам безопасности и управления рисками.

Структура затрат. Влияние новых технологий на сектор «Структура затрат» (*Cost Structure*) имеет сложный и многоуровневый характер. С одной стороны, внедрение искусственного интеллекта и автоматизированных систем приводит к значительному снижению затрат. Во-первых, автоматизация рабочих процессов позволяет существенно сократить операционные издержки за счёт уменьшения затрат на рабочую силу и повышения производительности. Это проявляется в оптимизации цепочек поставок, сокращении расходов на производство, логистику и управление данными. Благодаря ИИ компании могут быстрее обрабатывать большие объёмы информации, что ускоряет принятие решений и снижает затраты на рутинные процессы и аналитику за счёт обработки данных в реальном времени.

Во-вторых, важным аспектом является сокращение капитальных затрат на создание и поддержание собственной ИТ-инфраструктуры. Широкое распространение облачных технологий и обновляемых ИИ-решений позволяет компаниям избегать крупных первоначальных инвестиций в оборудование и программное обеспечение, так как облачные сервисы предлагают гибкость и актуальность технологий без необходимости в регулярных дорогостоящих обновлениях.

С другой стороны, внедрение новых технологий требует значительных инвестиций в ИТ-сектор в целом, особенно в области ИИ, управления данными и найма высококвалифицированных ИТ-специалистов. Интеграция ИИ-решений зачастую требует переработки существующих систем и адаптации к новым технологическим стандартам, что влечёт за собой значительные капитальные вложения.

Кроме того, необходимы дополнительные расходы на поддержку, обслуживание и обеспечение кибербезопасности для защиты сложных цифровых экосистем и минимизации рисков, связанных с кибератаками и утечкой данных.

Таким образом, влияние ИИ на структуру затрат компании заключается в одновременном сокращении операционных и капитальных затрат за счёт автоматизации и облачных технологий, но при этом требует существенных инвестиций в начальную интеграцию, адаптацию существующих систем и обеспечение безопасности.

Выводы. Развитие технологий Четвёртой промышленной революции и внедрение искусственного интеллекта оказывают фундаментальное влияние на трансформацию бизнес-моделей современных предприятий. ИИ меняет подходы к сегментации клиентских групп, позволяя компаниям переходить от традиционных моделей к гиперперсонализации, что значительно усиливает конкурентные преимущества. Это отражается в формировании индивидуальных предложений для каждого клиента, адаптированных к их меняющимся потребностям.

Также искусственный интеллект преобразует ценностные предложения, ускоряя процесс разработки продуктов и уменьшая вероятность ошибок, что помогает компаниям быстрее реагировать на изменения рынка. Влияние ИИ распространяется на каналы сбыта, где омниканальные стратегии и автоматизация процессов способствуют более точному удовлетворению потребностей клиентов, что в свою очередь улучшает лояльность и увеличивает продажи.

Кроме того, технологии ИИ помогают компаниям оптимизировать взаимоотношения с клиентами, обеспечивая анализ данных в реальном времени и улучшая процесс взаимодействия с аудиторией. Это позволяет оперативно реагировать на отзывы и предпочтения клиентов, повышая эффективность маркетинговых кампаний и укрепляя отношения с потребителями.

ИИ также способствует созданию новых источников доходов через инновационные бизнес-модели и гибкие ценовые стратегии, позволяя компаниям динамически адаптировать свои предложения и обеспечивая стабильные потоки доходов. Однако наряду с этим растут риски, связанные с зависимостью от технологий, киберугрозами и неравномерным распределением возможностей между крупными и малыми предприятиями.

Трансформация ключевых ресурсов и основных видов деятельности через ИИ и автоматизацию меняет традиционные представления о человеческих ресурсах, вводя в обиход гибридные интеллектуальные системы. Это приводит к необходимости в новых компетенциях и повышению значимости управления цифровыми процессами. В заключение, влияние ИИ на структуру затрат компаний приводит к снижению операционных издержек, но требует значительных первоначальных инвестиций и усиленной защиты информационных систем. В итоге, искусственный интеллект становится ключевым элементом трансформации бизнес-моделей, определяя их конкурентоспособность и устойчивость в условиях стремительно меняющегося цифрового мира.

4.3. Оценка готовности предприятий к цифровой трансформации: ожидания, барьеры и перспективы

В предыдущих разделах текущего исследования был проведён общий анализ технологий Четвёртой промышленной революции, с особым акцентом на искусственный интеллект и его влияние на развитие человеческих ресурсов как ключевого элемента бизнес-моделей предприятий. Человеческие ресурсы играют критическую роль в адаптации к новым технологиям и внедрении инноваций, что, в свою очередь, является решающим фактором успешной трансформации бизнес-процессов.

В этом разделе рассмотрим влияние новых технологий, в частности ИИ, на бизнес-модели предприятий. Важным аспектом является готовность компаний к внедрению этих технологий, определение шагов для эффективной цифровой трансформации, а также выявление потенциальных вызовов

на этом пути. Одним из ключевых элементов успешного внедрения является разработка стратегической дорожной карты, которая поможет организациям структурировать процесс внедрения и минимизировать риски.

Большинство исследований концентрируется на изучении заинтересованности клиентов в новых технологиях на индивидуальном уровне. Однако решения о внедрении технологий принимаются руководством компаний, а не отдельными клиентами, что делает данный подход узким и не учитывающим интересы других заинтересованных сторон, таких как акционеры и сотрудники. Цифровая трансформация предприятия – это сложный и многогранный процесс, требующий интеграции различных технологий и учета организационных и внешних факторов. Для более комплексного анализа готовности к цифровой трансформации целесообразно применять модель «Технология-Организация-Окружающая среда» (TOE). Она описывает факторы, влияющие на внедрение технологий, включая внутренние аспекты предприятия, его организационную структуру и условия внешней среды (Kichan Nam, 2020).

Модель TOE использовалась в ряде исследований для анализа внедрения Интернета (Тео, 1998), облачных вычислений в производственных и сервисных секторах (Oliveira, 2014), факторов, влияющих на сервис-ориентированную архитектуру (MacLennan, 2014), внедрения RFID (Lee, 2007) и программного обеспечения как услуги в Индонезии (van de Weerd, 2016). Эти исследования подтвердили эффективность применения модели TOE для повышения результативности внедрения новых технологий.

Модель включает три ключевых фактора, влияющих на способность фирмы ассимилировать технологическую инновацию: технологические, организационные и внешние факторы. Согласно Бейкеру (Baker, 2012), *технологические факторы* включают внутренние и внешние аспекты, относящиеся к фирме. Эти технологии могут как уже использоваться в компании, так и быть доступными на рынке. Ван де Верд (van de Weerd, 2016) в рамках модели TOE выделяют такие элементы, как совместимость, относительное преимущество, применимость, сложность, неопределенность, предполагаемые выгоды, наблюдаемость, технологическая готовность, экономия средств, доступность и безопасность данных.

Организационный фактор включает в себя «организационные характеристики и ресурсы, такие как масштаб, размер, степень централизации, степень формализации, управленческая структура, человеческие ресурсы, количество резервных ресурсов и связи между сотрудниками» (Abu Khadra and Ziadat, 2012). Внедрение инноваций зависит от таких факторов, как организационная структура, размер, процессы внутрифирменной коммуникации и наличие свободных ресурсов (Baker, 2012). Организационные факторы включают поддержку высшего руководства, организационную готовность, размер организации, инновационность, способность к восприятию технологий и устойчивость знаний к новым технологиям (van de Weerd, 2016).

Конструкция «Окружающая среда» связана с внешними факторами, которые влияют на текущую деятельность фирмы, и включает отрасль, конкурентов, макроэкономический, нормативный контекст (Abu Khadra and Ziadat, 2012) и роль поставщиков услуг (Baker, 2012). Типичными факторами являются конкурентное давление, промышленность, вычислительная поддержка поставщика, давление торговых партнеров, интенсивность конкуренции, масштаб рынка, государственная поддержка, соглашение об уровне обслуживания, компетентность поставщика, а также другие посторонние факторы, такие как советы друзей и родственников, советы деловых сетей, консультации ИТ-специалистов и консультантов и выбор квалифицированных поставщиков (van de Weerd, 2016).

Внедрение ИИ в процессы компании является в целом довольно сложным процессом, который можно разделить на три основных архетипа. Первый архетип включает компании, которые используют готовые, общедоступные ИИ-решения. Второй тип предприятий адаптирует инструменты ИИ под свои данные и системы. Третий архетип характеризуется разработкой собственных базовых моделей ИИ с нуля. Согласно проведенному онлайн опросу McKinsey (Singla, 2024) около половины за-

явленных случаев использования генеративного ИИ в рамках бизнес-функций респондентов используют готовые общедоступные модели или инструменты с минимальной настройкой или вообще без нее. Хотя степень использования готовых моделей генеративного ИИ может различаться в зависимости от отрасли, около половины респондентов опроса отметили, что предпочитают использовать доступные на рынке готовые решения, а не разрабатывать модели на заказ. А что касается компаний малого и среднего бизнеса (МСП), то они особенно медленно интегрируют цифровые технологии: только одно из пяти МСП в ЕС высоко цифровизировано, хотя МСП составляют более 99% всех предприятий в Европе, они обеспечивают две из каждых трех рабочих мест и 56,4% добавленной стоимости в нефинансовой бизнес-экономике ЕС (European Commission, 2020)

Траектория внедрения технологий в компании нередко описывается как *S-образная кривая* (см рис. 4). Этот процесс начинается с исследований и инноваций, затем продолжается экспериментами и пилотными проектами, и, в конечном счете, переходит к масштабированию и полному внедрению технологий. Уровни внедрения различаются в разных отраслях и размерах компаний, как и воспринимаемый прогресс в направлении внедрения.

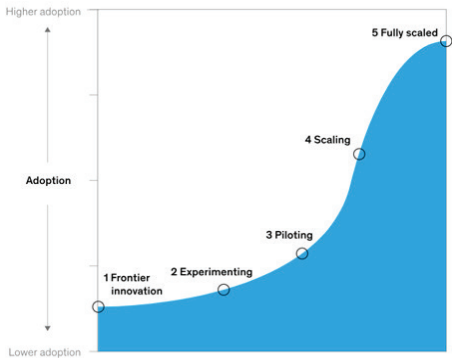


Рис. 4. Траектория внедрения технологий (Chen, 2021).

Готовность компании к внедрению ИИ можно оценить еще с точки зрения *последствий влияния на рабочую силу*. Возможны два вида последствий: улучшение и замещение. Это измерение выбрано потому, что человеческий фактор является наиболее важным, определяющим качество услуг, предоставляемых компанией, а сокращение рабочей силы является одним из важных преимуществ искусственного интеллекта и робототехники. Вторым измерением можно выделить рабочую силу фронт-офиса и бек-офиса: деятельность бек-офиса может осуществляться без прямого взаимодействия с клиентами, тогда как деятельность фронт-офиса требует взаимодействия с клиентами, поэтому приложения искусственного интеллекта и роботов для бек-офиса будут в основном использоваться сотрудниками, а приложения для фронт-офиса будут адаптированы для клиентов. Таким образом вырисовывается типология четырех ячеек: операционное замещение, операционное улучшение, тактическое замещение и тактическое улучшение, см. таблицу 9.

Таблица 9. Влияние ИИ на рабочую силу.

	Бэк-офис	Фронт-офис
Улучшение	Операционное улучшение	Тактическое улучшение
Замена	Операционная замена	Тактическая замена

Составлено автором самостоятельно

При *Операционном улучшении* использование ИИ и робототехника повышают качество услуг, связанных с человеческим трудом. Сотрудники не сопротивляются этой технологии, потому что она повышает их производительность, не угрожая занятости. По мере развития искусственного интеллекта и робототехники компании будут внедрять больше таких технологий.

Что касается *Операционной замены*, снижение транзакционных и психологических издержек, связанных с простыми, рутинными и повторяющимися задачами, является основной целью использования ИИ и робототехники для компаний. Внедрение технологии на этом уровне хоть и сталкивается с определенным уровнем сопротивления со стороны сотрудников, не влияет на решимость компаний во внедрении ИИ в этой сфере.

Тактическое улучшение подразумевает, что клиенты взаимодействуют с ИИ и робототехникой напрямую через интерфейс и приложения, предоставляемый компаниями. Такая технология также предоставит компаниям возможность гибко управлять персоналом в соответствии со своими потребностями. Большинство компаний, где индивидуальный подход к клиенту является конкурентным преимуществом, не используют ИИ из-за риска принести в жертву дружественные и доверительные отношения, связанный с качеством обслуживания и удовлетворенностью клиентов. Однако, если бы клиентам можно было напрямую предоставлять более персонализированные и индивидуализированные услуги (без использования человека в процессе) с использованием расширенной аналитики и улучшенных удобных интерфейсов, ИИ мог бы обеспечить стратегическую ценность для компаний, и качество обслуживания клиентов можно было бы максимизировать. Однако для того, чтобы это произошло, технологии ИИ и робототехники должны развиваться и становиться более зрелыми.

Тактическое замещение относится к подходам, которые используются для прямого взаимодействия с клиентами для замены рабочей силы. Примерами могут служить роботы-доставщики, системы распознавания лиц, которые будут иметь прямой интерфейс с клиентами. Основной целью такой ориентации будет снижение издержек. Если говорить про систему обороны страны, то дроны летального назначения также относятся к этой категории ИИ и робототехники, но используются с целью улучшения качественных характеристик при поражении целей и безопасность собственной армии. Принятие в этом квадранте должно быть более стратегически продуманным из-за высокого риска применения технологий в соответствующих процессах.

Однако на пути цифровой трансформации компании сталкиваются с различными барьерами. Исследования показывают, что существует как минимум *пять ключевых препятствий*, мешающих широкому применению ИИ (Raj, 2020; Marr, 2019):

- *Недостаток данных*: у компаний недостаточно данных для создания собственного ИИ. Многие все еще собирают данные вручную или вообще не собирают их. Поскольку ИИ нуждается в огромных объемах данных, надежный и непрерывный сбор и хранение данных являются фундаментальными для нахождения закономерностей и обучения систем ИИ.

- *Отсутствие методов оценки жизненного цикла ИИ*: Многие компании по-прежнему считают, что стоимость внедрения решений на основе ИИ остается слишком высокой. В ряде случаев это действительно может соответствовать действительности, однако такие расходы следует оценивать в контексте потенциальных достижимых преимуществ. В то же время, в настоящее время отсутствуют специфические методы и инструменты, предназначенные для оценки соотношения затрат и выгод, а также возврата на инвестиции в ИИ. Более того, компании сталкиваются с трудностями в определении четкой дорожной карты внедрения ИИ, что усложняет процесс оценки и управления инвестиционными рисками.

- *Недостаток индивидуализированных решений*: Компании сталкиваются с трудностями в поиске персонализированных решений на основе ИИ, которые могли бы эффективно решать их конкретные задачи по приемлемой цене. Существующие на рынке системы ИИ, а также решения, предлагаемые softверными компаниями, зачастую либо не обладают необходимыми функциональными возможностями, либо, напротив, включают в себя избыточное количество функций, которые не используются, но существенно увеличивают стоимость продукта.

- *Недостаточная квалификация сотрудников*: Сотрудники часто не готовы к внедрению ИИ и нуждаются в дополнительном обучении для его эффективного использования. Важно развивать цифровые навыки и иметь стратегию для оценки текущих компетенций и устранения разрыва в квалификации.

– Сложность использования решений: Инструменты ИИ по-прежнему слишком сложны для использования. Компаниям нужны простые системы, которые можно быстро внедрить и легко использовать, избегая сложных настроек и команд. Упрощенные решения позволяют сотрудникам выполнять необходимые операции с минимальными усилиями, обеспечивая предсказуемые и четкие результаты.

С другой стороны, на сегодня процесс внедрения ИИ не всегда добровольный. Так предприятия малого и среднего бизнеса часто сталкиваются с вынужденным внедрением технологий ИИ под давлением своих более крупных бизнес-партнеров (Reis, 2020)

Если посмотреть на *ожидания компаний от технологий ИИ*, то согласно исследованию McKinsey, проведенному среди финансовых директоров, ожидаемые преимущества и сферы применения данных технологий, по мнению респондентов, распределяются следующим образом: 71% полагают, что генеративный ИИ способствует повышению производительности сотрудников финансовых подразделений; 54% отмечают улучшение использования данных при принятии бизнес-решений; 48% считают, что использование ИИ для генерации идей позволяет сотрудникам сосредоточиться на задачах более высокого уровня (Agrawal, 2024). Другое исследование, проведенное в Бразилии (Nascimento, 2022), выявило ряд факторов, влияющих на намерение внедрения ИИ в компаниях. К этим факторам относятся рост ожидаемой производительности (98% участников); удобная модель взаимоотношений с компанией интегратором решений ИИ (81%); ожидаемые усилия со стороны МСБ в проектах внедрения (51%); само-обучаемость, или способность понять и обучиться новой технологии (47%); доверие к системам ИИ, надежность ИИ для выполнения конкретных задач (44%); совместимость с бизнесом МСБ: размером, ценностями компании, технической зрелостью (42%); социальное влияние на сотрудников или клиентов, восприятие заинтересованных сторон появлению технологии ИИ в компании МСБ (31%); возможности тестов перед принятием решения о внедрении ИИ (21%); техническая поддержка и сопровождение после окончания внедрения (16%).

Несмотря на возрастающий интерес к генеративным технологиям искусственного интеллекта, *большинство компаний остаются на этапе экспериментирования*, ограничиваясь внедрением простых решений, которые часто затрагивают лишь один аспект процесса. Ключевыми факторами, влияющими на принятие решений о внедрении подобных технологий, являются высокие затраты и необходимость поиска баланса между широкими технологическими инвестициями и концентрацией на отдельных направлениях, которые могут предоставить конкурентные преимущества на ранних этапах. Согласно исследованию, проведенному компанией McKinsey в июле 2024 года среди финансовых директоров, только 20% респондентов сообщают о применении генеративных ИИ-инструментов, при этом почти половина из них (10% от общего числа опрошенных) продолжают находиться на стадии пилотирования и тестирования. (Agrawal, 2024).

Для успешного масштабирования технологий требуется как благоприятная внешняя, так и внутренняя экосистема, включающая поддержку и компетенции внутри компании, в которой ключевую роль играют доверие и готовность пользователей, экономика бизнес-модели, нормативно-правовая среда и наличие квалифицированных кадров. Эти факторы варьируются в зависимости от географического и отраслевого контекста, что приводит к различным сценариям внедрения технологий. Например, в то время как ведущие банки Латинской Америки демонстрируют сопоставимый уровень с коллегами из Северной Америки в применении искусственного интеллекта, внедрение робототехники в производственных секторах значительно отличается из-за вариаций в стоимости рабочей силы, влияющих на экономическую целесообразность автоматизации (Ellencsweig, 2024). Для успешной интеграции новых технологий в бизнес-модели необходимо соотнесение долгосрочных стратегий внедрения технологий с внутренними возможностями и внешними условиями экосистемы. Необходимо постоянный мониторинг факторов внешней среды, которые могут повлиять на приоритетные технологические решения, что позволит принимать обоснованные инвестиционные решения с учетом неопределенностей и бюджетных ограничений.

До появления генеративного искусственного интеллекта многие компании сталкивались с трудностями при масштабировании расширенной аналитики и трансформаций, связанных с ИИ, из-за сложности процессов. Для достижения успеха требуется значительное управление изменениями и управление воздействия. Инвестиции требуют долгосрочного подхода с ожиданием окупаемости, а управление данными представляет серьезные вызовы. Внедрение генеративного ИИ добавляет дополнительные уровни сложности. Если 2023 год можно рассматривать как год экспериментов и пилотных проектов, то 2024 и особенно 2025 годы будут посвящены масштабированию и переносу результатов на конечные показатели эффективности (Ellencsweig, 2024).

Пример успешного внедрения и масштабирования искусственного интеллекта можно рассмотреть на примере компании McKinsey, прошедшей через собственную трансформацию. *Модель Lilli, разработанная с учетом технологических стандартов McKinsey*, была построена на основе передовых отраслевых платформ и протестирована с участием реальных пользователей, как среди консультантов, так и среди внутренних клиентов. Эта модель аккумулировала знания, накопленные компанией за десятилетия успешной работы. Основным вызов заключался в необходимости быстрого внедрения при одновременном привлечении ключевых специалистов из таких функциональных областей, как юриспруденция, кибербезопасность, управление рисками и развитие талантов. Это позволило обеспечить широкое распространение модели среди партнеров и сотрудников компании. Первоначальная команда, состоящая из трех человек, была расширена до более чем 70 экспертов (McKinsey, 2024).

Компания McKinsey, накопив значительный опыт в области цифровой трансформации, разработала ряд условий для успешного внедрения ИИ (Lamarre, 2023). Этот опыт демонстрирует важность быстрого принятия решений и вовлечения экспертов из различных функциональных областей, таких как кибербезопасность, управление рисками и развитие талантов. По мнению консультантов, успешная цифровая трансформация и трансформация с применением искусственного интеллекта практически нереализуема без формирования *базового уровня компетентности по всем шести ключевым компонентам*.

1. *Глубокое включение высшего руководства в разработку бизнес-ориентированной дорожной карты*, которая включает такие составляющие:

- Объединение команды топ-менеджеров вокруг общей цифровой стратегии и обязательств;
- Фокусировка на ключевых нескольких бизнес-областях для трансформации (что позволит исключить распыления на множество инициатив) с трансформацией их от начала до конца;
- Привязка трансформационных усилий к конкретным улучшениям стратегических ключевых показателей эффективности компании (КПЭ) как в среднесрочной перспективе (12-18 месяцев), так и в стратегической (3-5 лет). Обязательно в этих КПЭ должен быть показатель EBITDA.

2. *Формирование необходимого объема квалифицированных человеческих ресурсов* внутри организации, без передачи ключевых компетенций на аутсорсинг, а именно:

- Оптимизация соотношения технических специалистов и управленцев, где целевым соотношением должна стать пропорция 4:1 и выше;
- Создание карьерных путей и сертификационных сеток для «цифровых» специалистов;
- Адаптация HR-процессов для привлечения, удержания и развития «цифровых» специалистов.

3. *Создание и внедрение новой операционной модели*, позволяющей масштабирование технологий, в том числе:

- Мульти-модульность цифрового продукта, что обозначает, что часть модулей направлены на непосредственное улучшение качества обслуживания клиентов или пользователей (обычно их называют модулями продуктов, хотя их также можно назвать модулями клиентского опыта), а другие модули сосредоточены на создании повторно используемых сервисов для ускорения работы всех модулей (так называемые капсулы-платформы);
- Выбор подходящей операционной модели: цифровая фабрика, продукт и платформа, или гибкая модель Agile для всей компании (Lamarre, 2023).);

— Управление новой бизнес-моделью компании как мульти-продуктом, который включает в себя другие продукты, со своими жизненными циклами и командами поддержки.

4. *Технологическая трансформация для поддержания ускоренной цифровой трансформации, в том числе:*

— Создание внутри организации так называемой «платформы самообслуживания» с широким доступом к модулям-сервисам для всех разработчиков компании, ко всем стандартизированным и одобренным компанией инструментам разработки;

— Широкомасштабное использование API для упрощения интеграции модулей друг с другом, что позволяет улучшить доступ ко всем данным и приложениям, с минимизацией зависимостей в архитектуре;

— Автоматизация процесса доставки обновлений программного обеспечения через CI/CD (непрерывная интеграция и непрерывная доставка). Благодаря CI/CD обновления, которые раньше занимали недели или месяцы, теперь могут быть выполнены за считанные минуты, что позволяет модулям выпускать дополнительные улучшения еженедельно или даже ежедневно и, таким образом, запускать гораздо более быстрые циклы инноваций.

5. *Накопление, упорядочивание, организация и интеграция данных:*

— Разработка повторно используемых продуктов данных для ускорения разработки. Продукт данных предоставляет высококачественный, готовый к использованию набор данных, к которому люди и приложения в организации могут легко получить доступ;

— Внедрение надежной архитектуры данных для доступности информации. Архитектура данных — это система «каналов», которые доставляют данные из места их хранения туда, где они используются;

— Применение федеративной модели управления данными, в которой центральная функция (офис управления данными) устанавливает политики и стандарты, а также обеспечивает поддержку и надзор, в то время как бизнес-подразделения управляют такими видами деятельности, как разработка продуктов данных и построение конвейеров данных для обеспечения распространения и потребления.

6. *Одновременный и равноценный фокус как на пилотном внедрении, так и на масштабирование решений:*

— Сосредоточение равного внимания созданию цифровых решений и их внедрению. Важно учитывать все элементы бизнес-модели одновременно для полноценного внедрения;

— Разработка решений на основе ИИ с заранее продуманной архитектурой масштабирования, чтобы при повторном использовании, например, в другом подразделении компании или в другой стране нужно было бы только активировать решение, а не переработать. Потенциальная адаптация должна быть заложена в решение на этапе проектирования и разработки;

— Тщательное отслеживание ключевых результатов (KR по методологии OKR) и привязка их к операционным KPI.

На готовность компании к цифровой трансформации также влияют клиенты, которые являются основными стейкхолдерами. Их восприятие и требования относительно присутствия технологий ИИ в продуктах и процессах компании оказывают существенное влияние на успешность трансформации. *Восприятие технологий искусственного интеллекта в продуктах*, за которые клиенты платят деньги, варьируется в зависимости от таких параметров, как возраст, уровень образования, доход и культурный контекст. Например, исследование, проведенное Singer (2016), показало, что китайские путешественники легко адаптируются к новым технологиям, в то время как немецкие путешественники демонстрируют более сдержанное отношение к их внедрению. Позже, в июле 2024 года учёные из Университета штата Вашингтон провели экспериментальные опросы среди более чем 1000 взрослых в США, чтобы исследовать влияние раскрытия информации о применении ИИ на поведение потребителей. Результаты исследования, опубликованные доктором Масутой Чичек (Cicek, 2024), пока-

зали, что включение упоминания об ИИ в описание продуктов может непреднамеренно снизить продажи. Исследование выявило, что при упоминании ИИ у потребителей снижается эмоциональное доверие к продукту, что напрямую влияет на их намерение совершить покупку. Это особенно важно для высокорисковых продуктов, таких как дорогая электроника, медицинские приборы и финансовые услуги, где решения о покупке основываются на доверии, а не на глубоком понимании продукта.

Исследователи также обнаружили, что негативная реакция на раскрытие информации об использовании ИИ усиливается в тех случаях, когда продукт или услуга связаны с высоким уровнем неопределенности или риска для потребителей, что включает потенциальные финансовые потери или угрозу физической безопасности. Упоминание искусственного интеллекта может усилить осторожность покупателей и снизить их готовность приобретать такие товары и услуги. Это исследование отражает текущий этап развития и восприятия технологий ИИ в современном обществе. Многие потребители демонстрируют настороженное отношение к искусственному интеллекту, что, вероятно, обусловлено недостаточным пониманием принципов его работы и потенциальных преимуществ.

Наконец, интеграция ИИ в рабочую среду требует, *чтобы ИИ-агенты отражали организационные ценности компании*, поддерживая корпоративную культуру и усиливая взаимодействие между сотрудниками и новыми технологиями. Это важно для поддержания культуры и целостности организации. В этом контексте важно понимать какие конкретные ценности должны быть интегрированы в поведение агентов, и как можно быть уверенным, что агенты ИИ их не нарушают в процессе своей деятельности. Организациям следует проводить дообучение агентов на своих данных, которые отражают ценности, а также разработать критерии соответствия своим ценностям для агентов и внедрить процедуры регулярного мониторинга с обратной связью от сотрудников-людей.

Искусственный интеллект, выполняя задачи автономно, может существенно трансформировать рабочие процессы, заменяя сотрудников-людей, позволяя сотрудникам сосредотачиваться на задачах более высокого уровня, таких как критическое мышление и управление. Важно понять, как изменятся роли и обязанности сотрудников в каждой бизнес-функции и какие возможности для переподготовки необходимо предложить. Организациям следует провести анализ текущих рабочих процессов, чтобы определить, какие задачи могут быть переданы агентам ИИ, а также создать программы переподготовки, которые помогут сотрудникам развивать навыки, необходимые для работы с новыми технологиями. Важно также разрабатывать и внедрять новые модели взаимодействия между людьми и ИИ, которые улучшат сотрудничество и повысят общую эффективность.

Агенты ИИ, обладая человекоподобными способностями (вопросы антропоморфизма), могут вызывать у пользователей иллюзию, что они полностью отражают их интересы и ценности, что создает риск чрезмерной зависимости от таких систем. Важно тщательно продумать, до какой степени включать человекоподобные элементы в дизайн агентов, чтобы сохранить баланс между эффективностью взаимодействия и реалистичным восприятием их возможностей. Организациям следует разработать механизмы мониторинга взаимодействий человека и ИИ, которые позволяют своевременно выявлять потенциальные риски и проблемы, возникающие в процессе работы. Важную роль в этом процессе могут сыграть обучающие программы для пользователей, которые помогут им лучше понимать возможности и ограничения агентов ИИ, тем самым предотвращая возможные негативные последствия.

Таким образом, успешная цифровая трансформация требует системного подхода, который охватывает как внутренние, так и внешние аспекты работы компании, а также гибкости в адаптации технологий для достижения максимальной эффективности. Учитывая вышеуказанные вопросы, организации могут более эффективно интегрировать генеративный ИИ в свои бизнес-процессы, создавая при этом устойчивую и этичную рабочую среду. Необходимость в постоянной оценке, адаптации и обучении агентов ИИ будет критически важна для достижения успеха в этом быстро меняющемся технологическом ландшафте. В целом, для оценки готовности компании к цифровой трансформации разрабатывают и используют модели зрелости.

Рассмотрим существующие на сегодня в бизнес-среде *модели зрелости организации* и готовности их к цифровой трансформации. Модель зрелости обычно состоит из ряда стадий или уровней, каждый из которых представляет более высокий уровень зрелости в определенной области. Каждый уровень связан с набором критериев, которым организация должна соответствовать, чтобы перейти на следующий уровень. Критерии могут включать такие вещи, как документация процесса, показатели производительности, обучение сотрудников, а также механизмы управления и контроля. Модели зрелости ИИ играют важную роль в понимании того, насколько готова компания к внедрению и использованию искусственного интеллекта. Они особенно полезны, помогая организациям понять свои сильные и слабые стороны, расставить приоритеты и установить четкую дорожную карту для постоянного улучшения.

Современное состояние моделей зрелости ИИ включает несколько ключевых подходов и рамок, которые помогают компаниям оценить свою готовность и определить шаги, необходимые для успешного внедрения ИИ.

1. *Модель зрелости AI Forrester*: Эта модель оценивает зрелость компании в области ИИ по нескольким аспектам, включая стратегию, технологии, данные и организационную культуру. Оценка происходит по 4 уровням: Новичок, Экспериментатор, Практик и Эксперт (Thomas, 2024).

2. *Модель зрелости AI Gartner*: Gartner предлагает рамки для оценки зрелости ИИ, которые фокусируются на управлении данными, аналитике и использовании ИИ (Gartner, 2019).

3. *Модель зрелости AI McKinsey*. В модель McKinsey входят такие компоненты как стратегия, данные, технологии и инфраструктура, процессы, навыки и компетенции, культура и лидерство (Eiden, 2021).

4. *Модель зрелости AI Deloitte*: Deloitte разработала модель, которая оценивает зрелость ИИ по нескольким аспектам, таким как Исследования и стратегия, Использование данных, Технологии, Инфраструктура, Навыки сотрудников, Риски, Пользовательский опыт, Операционная модель, Управление ресурсами (Deloitte, 2024).

5. *Модели зрелости AI Altimeter и AI Element*: Эти модели объединяют подходы, где с одной стороны имеет стадии зрелости, а с другой – применяет эти стадии к одной из компонент (Altimeter, 2018).

Рассмотрим особенности моделей более подробно. *Gartner* разработала модель зрелости ИИ, которая сегментирует компании на пять уровней зрелости (от наименее до наиболее зрелых) в зависимости от использования ИИ в организации (Semsargour, 2023):

- Осведомленность (Awareness) – начальный интерес к ИИ с риском чрезмерного ажиотажа.
- Активный (Active): эксперименты с ИИ в основном в контексте науки о данных.
- Операционный (Operational) – ИИ в производстве, создающий ценность за счет оптимизации процессов или инноваций в продуктах/услугах.
- Системный (Systemic) – ИИ повсеместно используется для цифровой трансформации процессов и цепочки создания стоимости, а также для создания новых разрушительных цифровых бизнес-моделей.
- Трансформационный (Transformational) – ИИ является частью бизнес-ДНК.

McKinsey предлагает свою модель зрелости компании, которая включает несколько отдельных сфер (Eiden, 2021):

- Стратегия и видение – оценка наличия у компании четкой стратегии и видения относительно использования ИИ, включая определение целей и ожиданий от внедрения ИИ в различные бизнес-функции.
- Данные и управление данными – оценка готовности данных, включая их качество, объем, доступность и способы управления данными.
- Технологии и инфраструктура – оценка существующих технологических решений и инфраструктуры, необходимых для поддержки ИИ.

- Процессы и интеграция – оценка существующих бизнес-процессов и их готовности к интеграции ИИ, включая управление изменениями и адаптацию к новым технологиям.
- Навыки и компетенции – оценка уровня подготовки сотрудников и наличия необходимых навыков для работы с ИИ, а также планов по обучению и повышению квалификации.
- Культура и лидерство – оценка организационной культуры и уровня поддержки со стороны руководства для внедрения ИИ. Включает оценку готовности сотрудников к изменениям и их способность работать с новыми технологиями.

Консалтинговая компания Altimeter создала свою собственную модель зрелости (Altimeter, 2018), определяя четыре стадии зрелости (от наименее до наиболее зрелых):

- Исследование (Exploring) – компания исследует ИИ, взаимодействует с экспертами, рассматривает варианты использования, но еще не выделила значительное время или ресурсы.
- Экспериментирование (Experimenting) – компания активно экспериментирует с ИИ для различных вариантов использования, используя либо внутренние (сотрудники), либо внешние (услуги) ресурсы.
- Формализация (Formalizing) – ИИ становится формальной частью корпоративной стратегии, а данные становятся ключевой компетенцией по всей организации. Внедрения выходят за рамки оптимизации.
- Интеграция (Integrating) – ИИ становится частью структуры компании, встроенным в процессы, продукты и услуги по всей организации, и приносит ценность для всего бизнеса.

Модель Altimeter имеет более конкретные элементы по сравнению с моделью Gartner. В частности, для каждой стадии она предоставляет описание пяти соответствующих областей организации, которые необходимо оценивать (Стратегия, Наука о данных, Этика и управление, Разработка продуктов и услуг, Организация и культура).

Похожая на предыдущую модель зрелости ИИ от Element (Ramakrishnan, 2019), структурированная в 5 стадий. Первые три стадии — Исследование, Экспериментирование и Формализация, как в модели Altimeter. Четвертая и пятая стадии соответствуют четвертой стадии «Интеграции» модели Altimeter. При этом четвертая, Оптимизация (Optimizing), обозначает масштабирование внедрения решений на основе ИИ эффективно по мере увеличения числа развернутых моделей ИИ и пятая, Трансформация (Transforming), обозначает преобразование самой организации с помощью ИИ. Также в этой модели определены пять столпов (Стратегия, Данные, Технологии, Люди и Управление) для систематической оценки зрелости ИИ.

Что касается моделей зрелости, не специфичных для ИИ, стоит упомянуть самую признанную в контексте цифровизации: «Индекс зрелости Industrie 4.0 Acatech» (Schuh, 2017). Эта модель предоставляет средства для определения текущего уровня зрелости компаний в сфере Индустрии 4.0, а также поддерживает выявление конкретных мер для достижения более высокого уровня зрелости. Хотя она напрямую не касается ИИ, это самая консолидированная модель цифровизации, которая является предпосылкой для внедрения ИИ. На самом деле, модель Acatech делает акцент на цифровизации и на темах, необходимых для того, чтобы любая компания могла наилучшим образом пройти путь к полной автоматизации своих процессов, не рассматривая ИИ как основной движущий фактор. Наконец, стоит отметить, что все эти модели зрелости изначально разработаны для любой компании и работают, скорее, на стратегическом уровне, не предлагая практической поддержки для внедрения ИИ.

На основании анализа существующих моделей зрелости можно выделить 5 сфер, в которых организация должна оценить свою зрелость и готовность к внедрению искусственного интеллекта. Каждая из сфер, представляет область компании, которую необходимо оценивать в динамике:

- Процессы и технологии;
- Стратегия данных;
- Человеческие ресурсы;
- Организационная структура;

— Культура организации.

Процесс и технологии. Концепции Интернета вещей и Индустрии 4.0 привнесли в производственный контекст идею «Цифровой фабрики», где физические объекты, люди и системы подвергаются оцифровке (Shariat Zadeh, 2016). Следующим шагом в этой эволюции стала концепция «Умной фабрики», которая, с одной стороны, обеспечивает сбор данных для получения уникального и точного представления о текущем состоянии производственных процессов в режиме реального времени, а с другой стороны — использует эти данные для максимальной автоматизации и оптимизации как производственных, так и управленческих процессов.

«Умная фабрика» может быть построена посредством интеграции данных из информационных систем, таких как PLC, CIM, ERP, MES и другие, или напрямую через сенсоры (Alcácer, 2019). Сенсоры в основном применяются для мониторинга процессов и внесения оперативных корректировок. В современных отраслях критически важно иметь сенсоры и ресурсы, способные оцифровывать реальность, чтобы компьютерные системы могли анализировать эти данные и предлагать эффективные решения для повышения производительности. Благодаря оцифровке реального мира, информация может быть отображена, проанализирована, сохранена и использована для принятия решений, что, в свою очередь, повышает эффективность операций и бизнеса (Rasheed, 2020).

Наибольший потенциал использования искусственного интеллекта для компаний раскрывается, когда он применяется для поддержки или даже принятия решений. Однако стоит учитывать, что достижение полной автономности решений — амбициозная цель, которая не всегда может быть реализована на уровне «Умной фабрики». Тем не менее, на более низких уровнях автономности существуют многочисленные примеры успешного применения ИИ, приносящего существенную выгоду (Bettoni, 2020; Mescoli, 2019).

Стратегия данных. Данные представляют собой совокупность фактов и статистических сведений, собранных в процессе операционной деятельности предприятия. В контексте решений на основе искусственного интеллекта данные, поступающие с «Умной фабрики», играют ключевую роль в качестве исходного ресурса, на основе которого осуществляется извлечение полезной информации, оптимизация производственных процессов и даже поддержка принятия управленческих решений. Следовательно, без надлежащего управления данными внедрение ИИ становится практически невозможным. Данные позволяют измерять и фиксировать широкий спектр бизнес-операций, включая производственные процессы, и, хотя в изоляции они могут не содержать значимой информации, их значение резко возрастает в контексте систем искусственного интеллекта.

С расширением использования сенсоров, интеллектуальных машин и подключенных объектов на производственных площадках объем генерируемых данных существенно возрастает. Тем не менее, необходимо учитывать, что данные должны быть легко доступны, фильтруемы, маркируемы и сохраняемы, при этом часто в режиме реального времени. Качественное управление данными требует наличия соответствующих процедур, систем управления данными и инфраструктуры, способствующих их эффективному использованию.

Превращение данных в стратегический актив требует выработки и реализации комплексного подхода к управлению ими, включающего аспекты доступности, ответственности, удобства использования, согласованности, целостности и безопасности данных. Это подразумевает создание процессов, процедур и политик, направленных на обеспечение высокого качества управления данными (Janssen, 2020).

Человеческие ресурсы. Взаимодействие сотрудников и ИИ было подробно рассмотрено в предыдущем разделе настоящего исследования в контексте гибридного интеллектуального капитала компании. В данном разделе мы сосредоточимся на ключевых аспектах этого взаимодействия. С развитием и распространением ИИ-решений в бизнес-процессах сотрудников требуется наличие определённых компетенций для эффективного использования генерируемой информации. Интеграция ИИ в повседневную деятельность сотрудников способствует улучшению качества принимаемых решений, раскрывая потенциал как самого ИИ, так и человеческого ресурса. ИИ позволяет сотрудникам

концентрироваться на задачах, требующих их профессиональной компетенции, одновременно повышая их производительность за счёт автоматизации задач с низкой добавленной стоимостью, что, в свою очередь, увеличивает эффективность в стратегически важных областях.

Компании должны способствовать развитию интегрированных и междисциплинарных ИТ-навыков у сотрудников, что позволяет лучше понимать приложения и процессы, используемые в различных бизнес-сферах, тем самым обновляя традиционные профессиональные профили. Помимо этого, важным аспектом является формирование доверия между сотрудниками и результатами, предоставляемыми системами ИИ. Критически важным условием для формирования этого доверия является объяснимость ИИ-систем. Объяснимость обеспечивает понимание сотрудниками логики принятия решений ИИ и позволяет осознать конкретные преимущества данных технологий (Gade, 2020), что является залогом их успешного принятия и эффективного использования в рабочих процессах.

Организационная структура. Внедрение искусственного интеллекта в компании, как и реализация большинства технологических проектов, требует наличия соответствующей организационной структуры, способной поддерживать интеграцию новых технологий. Переход к компаниям, основанным на ИИ, предполагает пересмотр существующих бизнес-процессов, взаимодействий с клиентами, системы поддержки сотрудников и определения продуктовой стратегии. Внедрение ИИ зачастую сопровождается необходимостью организационных изменений, вызванных множеством факторов, включая повышение технологической сложности и изменяющиеся требования рынка. Более подробно процесс организационных изменений будет рассмотрен позднее в соответствующих разделах текущего исследования.

В тоже время, нельзя не отметить, что ключевым направлением организационных изменений становится ориентация на непрерывное улучшение, при котором акцент делается на адаптивных изменениях, обеспечивающих постепенную эволюцию процессов, в отличие от радикальных трансформаций. Наиболее эффективной организационной структурой для интеграции ИИ представляется гибкая модель управления, предполагающая создание межфункциональных команд, а именно создание гибридного интеллектуального капитала. Этот подход обеспечивает высокую адаптивность и оперативность в процессе внедрения технологических инноваций, способствуя успешной интеграции ИИ в различные аспекты корпоративной деятельности. Таким образом, компании могут быстрее реагировать на изменения внешней среды и эффективнее использовать потенциал ИИ для улучшения своих бизнес-процессов.

Культура организации. Агильность, или способность компании оперативно распознавать и реагировать на внутренние и внешние изменения, в значительной степени зависит от поведения её сотрудников и общей корпоративной культуры. Опыт внедрения бережливого управления в 1990-х и 2000-х годах продемонстрировал, что ключевым фактором успеха служит трансформация корпоративной культуры, что выражается в изменении менталитета сотрудников. Этот подход в равной степени применим и к цифровой трансформации, включая внедрение искусственного интеллекта. Компании не смогут в полной мере воспользоваться потенциалом ИИ, если ограничатся лишь техническими аспектами внедрения, игнорируя при этом культурные аспекты организации.

ИИ вносит изменения в корпоративную культуру, трансформируя взаимоотношения между машинами и людьми. Машины из простых исполнителей команд превращаются в "информированных" и "мыслящих" участников процессов, что требует адаптации менталитета сотрудников и перестройки традиционных моделей взаимодействия. Это также обуславливает необходимость пересмотра навыков, которые компании развивают и ищут у своих сотрудников. Эффективность цифровых технологий, таких как ИИ, во многом зависит от способности компании адаптировать свои процессы и культуру к новым условиям, учитывая возможности технологий.

Такая трансформация наиболее успешна в корпоративных культурах, которые поддерживают эксперименты, способствуют гибкому обучению и установке на рост (Lu, 2011). Культура, ориентированная на инновации и экспериментирование, создает прочную основу для успешного внедрения ИИ-

решений, позволяя компании более эффективно интегрировать технологические новшества в свою повседневную деятельность.

Выводы. Успешная интеграция искусственного интеллекта в бизнес-процессы требует всесторонней подготовки и разработки стратегической дорожной карты, направленной на минимизацию потенциальных рисков. Модель «Технология-Организация-Окружающая среда» (ТОЕ) предоставляет предприятиям возможность комплексной оценки их готовности к внедрению ИИ, принимая во внимание как внутренние, так и внешние факторы. В данном контексте ключевую роль в успешной адаптации и использовании новых технологий играют технологические и организационные аспекты, включая поддержку высшего руководства и готовность компании к изменениям.

Процесс внедрения ИИ в организации, как правило, проходит через несколько этапов — от применения готовых решений до разработки собственных моделей. Однако успех данного процесса обусловлен не только технологической готовностью, но и воздействием на человеческие ресурсы. Модель влияния ИИ на фронт- и бэк-офисные процессы предлагает четыре сценария: повышение эффективности или замещение функций в операционной и тактической сферах.

Цифровая трансформация сопровождается множеством барьеров, препятствующих её успешной реализации. Среди ключевых проблем можно выделить недостаток данных для обучения ИИ-моделей, отсутствие методик оценки жизненного цикла и рентабельности инвестиций в ИИ, нехватку персонализированных решений, неподготовленность сотрудников к работе с ИИ, а также сложность использования существующих ИИ-инструментов. Малые и средние предприятия сталкиваются с особыми трудностями, включая ограниченные ресурсы для развития компетенций в области ИИ и зависимость от крупных партнёров. Эти ограничения требуют разработки стратегии, направленной на преодоление внутренних и внешних барьеров.

Примеры успешной цифровой трансформации, такие как внедрение ИИ в компании McKinsey, подчёркивают значимость активного участия высшего руководства, инвестиций в развитие человеческого капитала и создания масштабируемых операционных моделей. Формирование благоприятной экосистемы, включающей нормативно-правовую базу, инфраструктуру данных и доступ к квалифицированным кадрам, становится необходимым условием для успешной цифровой трансформации. Компаниям необходимо найти баланс между экспериментированием и стратегическим масштабированием, интегрируя ИИ с бизнес-целями и операционными показателями для раскрытия полного потенциала этих технологий.

Готовность компании к внедрению ИИ во многом определяется восприятием данных технологий клиентами, которые являются ключевыми стейкхолдерами. Исследования показывают, что упоминание ИИ в продукции может снижать доверие потребителей, особенно в высокорискованных секторах, таких как медицинские устройства и финансовые услуги. Это связано с недостаточным пониманием принципов работы ИИ и осторожностью потребителей в условиях неопределённости. Компании, стремящиеся к успешной цифровой трансформации, должны учитывать восприятие ИИ клиентами, адаптируя свою стратегию с учётом их ожиданий и культурных факторов.

Модели зрелости организации играют ключевую роль в оценке готовности к цифровой трансформации и интеграции ИИ. Они позволяют компаниям оценить текущее состояние технологических процессов, организационной структуры и корпоративной культуры, а также предоставляют рекомендации для перехода на более высокий уровень зрелости. Наиболее известные модели, такие как Forrester, Gartner, McKinsey и Deloitte, охватывают стратегические аспекты управления данными, технологиями, компетенциями сотрудников и организационной культурой. Эти модели предлагают несколько уровней зрелости, от начальных этапов экспериментов до интеграции ИИ в операционные процессы и превращения его в неотъемлемую часть корпоративной ДНК.

Анализ существующих моделей зрелости компаний для внедрения ИИ выявляет пять ключевых направлений, которые необходимо учитывать для успешной цифровой трансформации: процессы и технологии, стратегия управления данными, человеческие ресурсы, организационная структура и культура. Для успешной интеграции ИИ предприятия должны автоматизировать и оптимизировать

производственные и управленческие процессы, разработать эффективную стратегию управления данными, развивать ИТ-компетенции сотрудников и адаптировать организационную структуру, принимая во внимание гибкие модели управления и межфункциональные команды. Важную роль играют культурные аспекты, включая готовность к экспериментам и обучению, которые способствуют долгосрочному успеху цифровой трансформации и эффективному взаимодействию с ИИ.

4.4. Примеры цифровых трансформации: уроки внедрения цифровых технологий

Несмотря на распространённые опасения среди предприятий по поводу внедрения цифровых технологий, многие компании находятся на разных стадиях подготовки к цифровой трансформации, часто используя различные модели оценки своей готовности. Однако, уже на данный момент существует множество примеров успешной реализации цифровой трансформации в различных отраслях, что подтверждает её актуальность и потенциал для повышения эффективности и конкурентоспособности организаций. Внедрение таких передовых технологий, как искусственный интеллект, является ключевым компонентом этих преобразований, позволяя компаниям оптимизировать операционные процессы, улучшать взаимодействие с клиентами и создавать новые бизнес-модели.

Далее будут рассмотрены конкретные примеры внедрения ИИ и других цифровых технологий в различных секторах экономики по всему миру. Эти примеры демонстрируют разнообразие подходов к цифровой трансформации, а также указывают на ключевые факторы успеха, такие как эффективное использование данных, развитие цифровых компетенций и выстраивание новых моделей взаимодействия внутри организации. Рассмотрение данных кейсов позволит лучше понять, как передовые компании, пионеры во внедрении новых технологий, адаптируются к изменениям, вызванным цифровой трансформацией, и какие практические выводы могут быть сделаны для дальнейшего совершенствования данного процесса.

Разработка продуктов. Одной из многообещающих областей использования ИИ является интеграция инструментов генерации изображений и текста в процессы разработки продукта. Инновационные группы используют генеративный ИИ для повышения качества идей и креативности, получения информации о рынке и потребителях, а также для внедрения удобных интерфейсов в сложные системы. Так, в рамках проекта, инициированного в мае 2023 года, компания Loft применяла модель GPT-4 для предложения новых функций продукта, основываясь на известных предпочтениях клиентов. После этого команда выявляла и совершенствовала наиболее перспективные идеи с использованием дополнительных подсказок. Параллельно дизайнеры приступали к созданию концептуальных эскизов продукта, которые затем загружались в генератор изображений Midjourney, где они могли дорабатывать визуальные проекты, используя подсказки, а также осуществлять переработку на бумаге. На этапах творческой работы в инновационном процессе возникновение «галлюцинаций» со стороны генеративного ИИ — текста или изображений, которые противоречат фактам или логике — не вызывало опасений, поскольку команда сосредоточивалась на поиске идей. Данная практика подтверждается исследованиями, которые показывают, что люди зачастую генерируют более ценные идеи, когда используют генеративный ИИ в ходе мозгового штурма (Marion, 2024).

Платформы. Для компании Tokopedia, одной из крупнейших торговых площадок Индонезии, надёжность продавцов является ключевым элементом поддержания устойчивых клиентских отношений. Ежедневно через платформу продается 1,8 миллиарда товаров при участии 14 миллионов продавцов, более 85% которых — это новые предприниматели. Несмотря на наличие качественных товаров, многие продавцы неэффективно управляют своими запасами, что негативно сказывается на выполнении заказов, уровне удовлетворенности клиентов и, как следствие, на общем объеме транзакций на платформе.

Компания Tokopedia разработала систему оценки, основанную на алгоритмическом анализе данных о продавцах и клиентах, для повышения ключевых показателей эффективности (KPI) в сфере про-

даж. Эта система, использующая ИИ, улучшила качество обслуживания, связывая клиентов с надежными продавцами, и помогла продавцам с низкими оценками оптимизировать операции. В результате платформа стала более эффективной и заслуживающей доверия (Argbaini, 2020).

Банки и финансовые организации. Европейский банк, принявший решение о внедрении искусственного интеллекта в процесс взаимодействия с клиентами, предпринял меры по снижению потенциальных рисков, связанных с некорректными, неподходящими или предвзятыми рекомендациями продуктов. Осознавая важность этических аспектов применения ИИ в финансовых решениях, банк разработал набор бизнес-принципов, которые четко регулируют использование ИИ для принятия решений, способных повлиять на финансовое положение клиента. Эти принципы также предусматривают необходимость человеческого контроля в определенных ситуациях — до того, как рекомендация будет передана клиенту. Специалисты банка проверяют рекомендации на предмет учета возможных особых обстоятельств, таких как смерть близкого человека или финансовые затруднения клиента, которые могли бы сделать предоставленную рекомендацию неуместной или преждевременной (Cheatham, 2019).

Кроме того, банк ввел обязательные требования для всех участников процесса по проведению сценарного планирования и подготовке резервных стратегий на случай ухудшения работы модели ИИ, изменений входных данных или непредвиденных системных сбоев, вызванных, например, стихийными бедствиями. Обучение и повышение осведомленности сотрудников, вовлеченных в процесс использования ИИ, являются ключевыми аспектами политики банка, направленными на минимизацию рисков. Все работники, непосредственно связанные с этим процессом, проходят обучение и получают полную информацию о том, как и где применяется ИИ.

Другим примером внедрения ИИ есть процесс *андеррайтинга кредита* в финансовых учреждениях, который включает подготовку меморандумов о кредитном риске, целью которых является оценка рисков, связанных с предоставлением займа заемщику. Этот достаточно длительный и трудоемкий процесс включает сбор, анализ и рассмотрение информации о заемщике, типе займа и других значимых факторах. Для выполнения данной задачи требуется проведение специализированного анализа менеджерами и аналитиками, после чего результаты передаются кредитному менеджеру для финальной оценки.

Пользователь-человек инициирует процесс, используя естественный язык, чтобы предоставить высокоуровневый план работы задач с определенными правилами, стандартами и условиями. Затем эта команда ИИ агентов разбивает работу на исполняемые подзадачи (Narasimhan, 2023). Так, агент по связям управляет коммуникацией с заемщиком и финансовым учреждением, агент-исполнитель собирает необходимые документы, а финансовый агент анализирует отчеты о движении денежных средств и рассчитывает финансовые коэффициенты. Затем агент-критик проверяет результаты на ошибки и несоответствия, предоставляя обратную связь. Повторение циклов анализа и проверки продолжается до завершения меморандума. В отличие от более простых архитектур ИИ, агенты могут производить высококачественный контент, сокращая время цикла проверки на несколько десятков процентов. Агенты также могут проходить через несколько систем и сопоставлять данные, полученные из нескольких источников. Внедрение таких систем взаимодействия с использованием ИИ позволяет значительно сократить время обработки и повысить точность процесса андеррайтинга кредита в банках. В другом примере, с момента внедрения агентов на основе ИИ, банки, использующие их, сократили время, необходимое для ответа на вопросы о климатических рисках, примерно на 90%, с более чем двух часов до менее чем 15 минут. Ответы системы полностью верны в 90% случаев (Kremer, 2024).

В одном из североамериканских банков был использован подход с многоагентным ИИ для трансформации процесса подготовки меморандумов о кредитном риске, ранее требовавшего от менеджеров по работе с клиентами (RM) от одного до трех дней на сбор данных из множества источников и анализ взаимозависимостей. Многоагентные системы способствуют обучению машин выполнению сложных рабочих процессов, интегрируя человеческий опыт и разбивая задачи на более мелкие, что

позволяет выполнять каждую из них надежно и повышать качество результатов. ИИ автоматически определяет источники данных, интегрирует актуальные качественные и количественные идеи, опираясь на последние бизнес-правила, данные предшествующих меморандумов и отзывов менеджеров. В результате решения о кредитовании принимаются на 30% быстрее, производительность менеджеров возросла более чем в два раза, а доход на одного менеджера увеличился на 20% (Amar, 2024).

Использование искусственного интеллекта в процессах *возврата долгов по кредитам* демонстрирует значительный потенциал для оптимизации операционных расходов и улучшения показателей клиентской удовлетворенности. По данным проведенными в 2024 году исследований McKinsey, организации, внедрившие генеративный ИИ в процесс обслуживания клиентов и сбор платежей, сокращают операционные издержки до 40% (Batista, 2024). Эти достижения обусловлены новым опытом, который компании могут предложить клиентам, что помогает быстрее решать проблемы с задолженностью. Так, некоторые клиенты предпочитают взаимодействовать с машиной, избегая необходимости обсуждать свои финансовые трудности с человеком, что делает ИИ идеальным инструментом для таких ситуаций. Генеративный ИИ также способствует более персонализированному подходу в общении с клиентами, создавая сообщения, которые лучше соответствуют индивидуальным потребностям, включая возможность взаимодействовать вне обычного рабочего времени.

Интерес представляют исследования, проводимые с существующими языковыми моделями. Исследователи из Чикагского университета продемонстрировали, что большие языковые модели (LLM) могут проводить *анализ финансовой отчетности* с точностью, не уступающей и даже превосходящей точность профессиональных аналитиков. Исследователи протестировали производительность GPT-4 для анализа корпоративных финансовых отчетов с целью прогнозирования будущего роста доходов. Исследователи использовали GPT-4 для анализа финансовых отчетов публичных компаний без дополнительного контекста. Нейросеть демонстрировала способность идентифицировать тренды, вычислять коэффициенты и синтезировать информацию, что позволило ей делать точные прогнозы. Примечательно, что даже при наличии только стандартизированных, анонимных балансовых отчетов и отчетов о прибылях и убытках, лишенных какого-либо текстового контекста, GPT-4 смогла превзойти аналитиков-людей. В эксперименте GPT-4 достигла точности в 60% при прогнозировании будущих доходов компаний, тогда как точность человеческих аналитиков составляла от 53% до 57% (Kim, 2024). Важно отметить, что эти прогнозы не основывались на конкретных тренировочных данных. В основе была способность модели генерировать полезные инсайты о будущей деятельности компаний. Исследователи предположили, что превосходная производительность GPT-4, вероятно, связана с обширной базой знаний, которую он может использовать, а также с его способностью распознавать бизнес-концепции и закономерности и проводить интуитивные рассуждения даже с неполными наборами данных. Одной из самых сложных областей для языковой модели является числовая область, где модели необходимо выполнять вычисления, выполнять интерпретации, подобные человеческим, и выносить сложные суждения. Поэтому в исследовании было применено нововведение, а именно использование подсказок метода «цепочки мыслей», которые помогали GPT-4 имитировать аналитический процесс финансового аналитика, выявляя тенденции, вычисляя коэффициенты и синтезируя информацию для формирования прогноза.

Платежные системы. Mastercard генеративный искусственный интеллект в свои процессы, считая, что обучение руководства и членов совета директоров навыкам работы с ИИ необходимо для эффективного управления. Компания провела сессии, посвященные возможностям ИИ, необходимому регулированию и процессам его внедрения (Davenport, 2023). В настоящее время Mastercard (2019) применяет ИИ для обнаружения мошенничества, управления внутренними знаниями и персонализации. Новые варианты использования находятся на стадии экспериментов. Для управления ИИ компания использует междисциплинарный подход, привлекая специалистов из юридических, кадровых и технических департаментов. С развитием ИИ и его интеграцией в клиентские процессы будет

задействовано еще больше подразделений. На данном этапе ИИ способствует повышению внутренней производительности, а решения для клиентов, такие как персонализированный анализ данных, будут внедрены позже после тщательного тестирования для предотвращения ошибок. Таким образом, трансформация будет происходить постепенно, начиная с повышения операционной эффективности, тогда как изменения в продуктах и услугах для клиентов займут больше времени.

Сельское хозяйство. Компания Cognitive Pilot разработала первый в России полностью автономный мини-трактор с ИИ, способный выполнять основные сельхоз работы — от посева до мониторинга состояния растений и почвы (Cognitivepilot, 2024). Искусственный интеллект обеспечивает высокую точность операций и предотвращает столкновения с препятствиями. Роботизированная техника отличается надежностью, так как не требует установки часто ломающихся узлов, таких как коробка передач. Компактные размеры позволяют легко транспортировать трактор, а управление не требует специальных навыков, что упрощает его эксплуатацию.

Ритейл. Розничная торговля входит в число отраслей, лидирующих в использовании искусственного интеллекта для оптимизации и автоматизации операций и повышения эффективности. Ритейлеры уже используют традиционный ИИ для улучшения таких процессов, как планирование спроса и управление заказами. В ближайшем будущем акценты также будут направлены на персонализированный опыт покупок, управление каталогом продуктов, более быстрое обслуживание клиентов и создание маркетингового контента по электронной почте. (Dyson, 2024). Также ритейлеры изучают новые технологии, в том числе RFID-чипы, искусственный интеллект и видеоаналитику, которые помогут им бороться с кражами, объем которых резко вырос в последние годы (Fongrouge, 2022).

Примером успешного применения обработки неструктурированной информации и выявления закономерностей стал анализ причин снижения объема продаж телевизоров на 6% ниже прогнозируемых показателей (Sukharevsky, 2024). Причинами могли быть как внешние, так и внутренние факторы, обычно рассматриваемые сотрудниками, такие как погодные условия, задержки поставок или нехватка товаров. Однако генеративная ИИ-система, обученная на данных прошлых периодов ритейлера, проанализировала все возможные факторы, включая действия конкурентов, и выявила основные причины спада. Благодаря этому анализу были выявлены не только причины спада продаж, но и разработаны рекомендации на основе предыдущих решений компании, успешно применявшихся в аналогичных ситуациях. Эти рекомендации позволили не только скорректировать текущую стратегию, но и предотвратить дальнейшее снижение продаж за счет своевременно внедренных контрмер.

Телекоммуникации. Другим примером есть использование ИИ в телекоммуникациях. Так, в условиях высокой убыли клиентов одна из крупнейших мировых телекоммуникационных компаний применила алгоритмы машинного обучения для анализа моделей использования и прогнозирования оттока, выявив такие ключевые факторы, как размеры счетов и модели исходящих звонков, которые служили предикторами вероятности ухода клиентов. Тестирование на исторических данных показало, что данная стратегия может улучшить удержание клиентов на 39%. В дальнейшем была задействована более сложная модель, включая нейронные сети, что позволило повысить точность прогнозирования до 66%. Результаты четырехнедельного пилотного запуска среди наиболее ценных клиентов подтвердили эффективность предложенного подхода (Kesari, 2024).

Медицина. Клиника Мэйо, являясь одной из ведущих интегрированных некоммерческих систем здравоохранения в мире, активно внедряет технологии искусственного интеллекта среди медицинских учреждений США (Davenport, 2024/03). С численностью персонала в 76 000 человек, включая 7300 врачей, работающих в трех кампусах (Миннесота, Аризона, Флорида), клиника Мэйо является важным звеном в развитии ИИ в медицинской практике. В сотрудничестве с ИТ-компанией Mayo Clinic была создана платформа AI Factory, предназначенная для разработки приложений и упрощения интеграции ИИ в клинические процессы. Партнерство с Google позволило интегрировать Vertex AI, который стал ключевым компонентом платформы, дополняясь инструментами для подготовки нормативной информации, необходимой для одобрения FDA и другими регулирующими органами.

Одним из значимых достижений стало создание алгоритма для выявления проблем работы сердечного насоса по данным 12-канальной электрокардиограммы (ЭКГ), которые ранее диагностировались только через стресс-тесты. Этот алгоритм был одобрен Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов как медицинское устройство и адаптирован для использования с Apple Watch, принимающим сигналы ЭКГ по одному каналу. Кроме того, исследователи клиники Мэйо разработали новый класс ИИ, получивший название «ИИ, основанный на гипотезах». Этот подход позволяет улучшить интерпретируемость ИИ-алгоритмов в медицинской практике, особенно в области онкологии. Во время пандемии COVID-19, когда особое внимание уделялось управлению ресурсами, была разработана модель машинного обучения для прогнозирования доступности коек в отделениях интенсивной терапии.

Важным аспектом применения ИИ в клинике является интеграция экспертов людей и ИИ, в частности через привлечение врачей, обладающих экспертными знаниями и аналитическими способностями к управлению данными. Это предполагает, что группы пользователей несут ответственность за подготовку данных для анализа, их интеграцию, контроль качества и актуальности, а также размещение в библиотеке данных организации. Бизнес-структуры и медицинские специалисты, являясь основными распорядителями данных, лучше всего понимают их суть и могут наиболее эффективно использовать их в рамках ИИ. Успешное внедрение ИИ-сервисов связано с грамотным подходом к управлению данными и обучению сотрудников, что включает проведение программ по повышению уровня цифровой грамотности, начиная с высшего руководства. Альтернативой этого подхода может быть передача управления данным процессом ИТ-подразделениям, что, как показывает опыт, сопровождается проблемами.

Несмотря на то, что Клиника Мэйо начала изучение генеративного ИИ в 2020 году, данная технология все еще находится на экспериментальной стадии. Основные усилия направлены на автоматизацию административных задач, таких как заполнение форм и создание клинической документации. Генеративный ИИ усиливает понимание важности данных и их управления, что подчеркивает значимость этой технологии в клинической практике.

Разработка лекарств. Другой пример использования ИИ в разработке лекарств. Средний срок разработки нового лекарства составляет около десяти лет. В ходе клинических испытаний образуется большое количество данных, а медицинские писатели отвечают за составление протоколов и итоговых отчетов (в которых фиксируется процесс испытания, участники, детальная информация о производстве, стабильности и качестве препарата), число которых достигает 30 различных типов и может варьироваться от 10 до 1000 страниц. Точность данных критически важна, так как документы направляются в органы здравоохранения для получения одобрения. Французский стартап Yseor применяет генеративный ИИ для ускорения процесса написания, сотрудничая с такими компаниями, как Mistral, OpenAI и Anthropic. В условиях нехватки специалистов Yseor помогает медицинским писателям быстрее выполнять рутинные задачи, такие как чтение статистических таблиц. Стартап использует генеративный ИИ как для преобразования текста, так и для обработки данных. Процесс обеспечения качества включает строгие критерии, такие как качество языка и точность, с дополнительной проверкой со стороны медицинского писателя и фармацевтической компании. Внедрение ИИ в клинические испытания уже не является экспериментом, а становится стандартной практикой в индустрии.

Сфера обслуживания. Эффективное обслуживание клиентов фокусируется на предоставлении превосходного опыта в критические моменты, когда клиенты нуждаются в поддержке. Цель заключается в удовлетворении потребностей клиентов таким образом, чтобы завоевать их лояльность и эффективно решать проблемы, сохраняя высокий уровень обслуживания в целом. Поэтому в сфере обслуживания клиентов активно внедряются диалоговые агенты, основанные на искусственном интеллекте, такие как чат-боты, виртуальные агенты по обслуживанию и интеллектуальные консультанты. Эти системы определяются как «системы, которые имитируют общение между людьми с использованием обработки естественного языка, машинного обучения и/или искусственного интеллекта» (Schuetzler, 2018). Оптимальной моделью обслуживания в контакт-центрах на сегодняшний

день является схема, при которой небольшое количество операторов обрабатывает внешние звонки, в то время как автоматизированные ИИ-системы обрабатывают 80–90% внутренних запросов, таких как жалобы и запросы на обслуживание.

Несмотря на распространённость текстовых сообщений для личного общения, около 70% представителей поколения Z отдают предпочтение телефонным звонкам при решении сложных вопросов. Этот показатель сопоставим с данными для старших поколений, что подчёркивает значимость качественного голосового обслуживания. Внедрение генеративного ИИ, который помогает выявлять сложные причины клиентских обращений, способствует решению проблем на системном уровне, улучшению продукта и снижению недовольства клиентов. Прогнозируется, что такой подход позволит сократить объём телефонных обращений на 50% в течение пяти лет (Blackader, 2024).

Дополнительно, ИИ играет ключевую роль в анализе клиентских взаимодействий, таких как стенограммы звонков и чатов, что позволяет организациям выявлять основные проблемы, с которыми сталкиваются клиенты. Например, отсутствие счёта или забытая оплата могут быть своевременно устранены, что снижает необходимость вмешательства операторов и повышает качество обслуживания за счёт быстрого и менее стрессового взаимодействия.

Также ИИ значительно повышает эффективность работы контакт-центров, автоматизируя задачи, такие как разъяснение правил клиентам, интерпретация предыдущих взаимодействий и предложение подходящих решений для дальнейшего общения. Это позволяет операторам сосредоточиться на задачах, требующих непосредственного взаимодействия, освобождая их от рутинной работы, например, ведения заметок после звонков. Примером успешной интеграции ИИ является коммунальная компания, которая перевела на виртуального агента, работающего на базе ИИ, такие процессы, как аутентификация клиентов и решение вопросов с выставлением счетов. В результате практически половина запросов обрабатывается виртуальным агентом, что привело к значительному снижению затрат и повышению операционной эффективности (Batista, 2024).

В сфере гостеприимства, где существует ограничение на объем услуг, как, например, ограниченное количество номеров в гостиничном бизнесе, искусственный интеллект эффективно используется для оптимизации коэффициента использования помещений с целью максимизации прибыли. Это достигается через динамическое ценообразование на основе анализа поведения и финансовых привычек конкретных клиентов, извлеченных из базы данных (Khoalenyane, 2024). Кроме того, ИИ способен анализировать различные источники информации для выявления локальных событий, таких как небольшие праздники, съезды или концерты в районе расположения отеля. Эти данные позволяют корректировать маркетинговые стратегии с целью увеличения заполняемости гостиницы в периоды повышенного спроса.

Кроме того, искусственный интеллект способствует улучшению коммуникации между сотрудниками, находящимися в разных странах и говорящими на разных языках, благодаря синхронному переводу с их родных языков. Это позволяет значительно улучшить внутренние процессы организации, так как даже высокий уровень владения иностранным языком не всегда обеспечивает точную передачу глубины мыслей и идей. По прогнозам маркетинговых институтов, к 2026 году использование диалоговых агентов сократит затраты на рабочую силу в сфере обслуживания клиентов на 80 миллионов долларов США (Hu, 2024).

Обучение. Использование генеративного ИИ в контакт-центрах существенно сокращает продолжительность обучения операторов, позволяя новым сотрудникам достичь уровня опытных коллег в течение трёх месяцев, что значительно быстрее обычных шести-девяти месяцев. Это достигается за счёт доступа к базе успешных сценариев и решений, которые позволяют ускорить процесс усвоения навыков. Помимо этого, генеративный ИИ способствует развитию у операторов навыков взаимодействия с клиентами через персонализированные рекомендации, что повышает их гибкие навыки, такие как способность к пониманию контекста. Это приводит к увеличению производительности операторов на 30-45% (Amar, 2024).

Индустрия развлечений. Генеративный искусственный интеллект оказывает существенное влияние на индустрию развлечений, в том числе на Голливуд. Способность ИИ генерировать различные формы контента, такие как тексты (сценарии, рекламные материалы), маркетинговые кампании, а также статичные и динамические изображения, ставит его в центр внимания отрасли. Экономическое давление, испытываемое развлекательной индустрией, увеличивает спрос на более производительные и менее затратные решения. Значительная часть текущего контента основана на переработке прошлых материалов, что делает его пригодным для обучения генеративных моделей, использующих существующий контент в качестве исходных данных (Davenport, 2023).

Использование ИИ в медиа-индустрии уже включает анализ данных для прогнозирования предпочтений аудитории относительно нестандартных сюжетных линий. Технологические инновации также распространяются на производителей оборудования, которые экспериментируют с внедрением генеративных визуальных эффектов непосредственно при съемке. Новые стриминговые платформы, такие как Netflix и Prime Video, сталкиваются с вызовами роста, связанными с интеграцией искусственного интеллекта.

Вероятно, генеративный ИИ окажет значительное влияние не только непосредственно на сферу развлечений, но и на образовательные учреждения, связанные с этой сферой. В частности, Школа кинематографических искусств Университета Южной Калифорнии вынуждена будет адаптировать свои учебные программы для соответствия стремительному развитию технологий. Генеративный ИИ приведет к значительным изменениям в процессах производства, постпроизводства, распространения и управления интеллектуальной собственностью.

Энергетика. Также активно ИИ внедряется в энергетическом секторе. Так Vistra, один из крупнейших производителей электроэнергии в США, создал многослойную модель нейронной сети для повышения общей эффективности, повышения надежности и сокращения выбросов. Модель прочесала данные за два года на заводе и узнала, какая комбинация факторов оптимизирует эффективность завода в любой момент времени, преобразуя их в механизм на базе искусственного интеллекта, который каждые 30 минут генерирует рекомендации для операторов по повышению эффективности тепловой мощности завода и продлению срока службы активов. Ключом к успеху этого подхода было создание возможности масштабирования решений (например, инфраструктуры операций машинного обучения для стандартизации и обслуживания моделей), чтобы их можно было легко применять и адаптировать к каждой из станций в сети Vistra. (Boswell, 2022).

Логистика. С другой стороны, применение искусственного интеллекта в управлении цепочками поставок и запасами уже предоставляет значительные преимущества в следующих областях: оптимизация затрат и прогнозирование спроса, управление внешними факторами, влияющими на прибыльность, повышение эффективности работы поставщиков, управление рисками в цепочках поставок, а также лидерство в сфере устойчивого развития (Mittal, 2024). Эти направления демонстрируют, как использование ИИ может значительно повысить конкурентоспособность и устойчивость бизнеса в условиях современных вызовов.

Выводы. Цифровая трансформация и внедрение технологий искусственного интеллекта в различные отрасли экономики уже сегодня демонстрируют значительный потенциал для повышения эффективности и конкурентоспособности компаний. Опыт успешной реализации ИИ в таких секторах, как разработка продуктов, финансовые услуги, розничная торговля и сельское хозяйство, подчеркивает важность правильного управления данными, развития цифровых навыков и создания гибких моделей взаимодействия. Примеры использования генеративного ИИ в проектировании и оптимизации бизнес-процессов показывают, что предприятия, эффективно адаптирующие технологии ИИ, могут добиться значительных преимуществ в скорости принятия решений, улучшении клиентского опыта и повышении операционной эффективности.

Ключевым фактором успешной цифровой трансформации является не только технологическая подготовка, но и глубокое понимание организационных изменений, необходимых для интеграции

ИИ в существующие процессы. Компании, способные интегрировать ИИ с учетом этических и управленческих аспектов, минимизируют риски и усиливают контроль, что приводит к устойчивому росту. Таким образом, цифровая трансформация становится не только вопросом технологического внедрения, но и фактором стратегического управления, обеспечивающим долгосрочную конкурентоспособность.

4.5. Ключевые факторы успешной цифровой трансформации: от концепции до измеримых результатов

Для успешного прохождения цифровой трансформации на предприятии, необходимо не только учитывать уже известные теоретические модели и лучшие практики, но и адаптировать их к специфике конкретного бизнеса. Исходя из проведенного анализа цифровой трансформации, влияния новых технологий на бизнес-модель предприятия и оценки готовности организаций к этим изменениям, можно выделить несколько ключевых аспектов, которые требуют особого внимания. Эти аспекты включают как стратегические, так и операционные элементы, ориентированные на интеграцию ИИ в общую бизнес-модель компании.

Прежде всего, важно, чтобы *внедрение ИИ было согласовано с общей стратегией предприятия* или стало неотъемлемой частью стратегии изменений, связанных с ИИ. Это позволит предприятию не только поддерживать последовательность в своих действиях, но и использовать ИИ как стратегический инструмент для достижения долгосрочных целей.

Следующий критически важный аспект — *создание реальной ценности для клиента*. Любая цифровая трансформация, включая внедрение ИИ, должна быть направлена на решение конкретных проблем клиентов, обеспечивая тем самым конкурентное преимущество и лояльность рынка. Без ясного понимания, какую проблему клиента призван решить ИИ, риск провала проекта значительно увеличивается.

Также следует *четко определить область и объем изменений*, которые будут реализованы при внедрении ИИ. Эти изменения должны быть достаточными для получения видимого эффекта от инвестиций, но не слишком широкими, чтобы сохранить управляемость проектом. Концентрация усилий на приоритетных задачах, без распыления ресурсов на многочисленные эксперименты, является ключом к успешной реализации.

Кроме того, для эффективного внедрения необходимо *назначить ответственного топ-менеджера*, который возьмет на себя ответственность за результаты внедрения ИИ. Без лидерства и четкого распределения ответственности внедрение новых технологий может столкнуться с внутренними барьерами и недостаточной координацией между подразделениями.

Для успешной адаптации организации к внедрению ИИ важным шагом становится *разработка гибкой операционной модели*, которая позволяет организации эффективно реагировать на изменения, возникающие в процессе внедрения новых технологий. В этом контексте *оптимизация ИТ-инфраструктуры* также является основополагающим условием, обеспечивающим поддержку и интеграцию ИИ в бизнес-процессы.

Кроме того, компании должны уделять особое внимание *организации данных*, на которых базируется искусственный интеллект. Качественные данные являются основой для создания точных и эффективных решений на базе ИИ, и, если возможно, предприятие должно стремиться к созданию *собственного продукта данных* для повышения своей независимости и конкурентоспособности.

Одновременно с этим, с самого начала проекта необходимо сфокусироваться на *формировании ответственного ИИ*. Это включает не только этические аспекты использования ИИ, но и правовые вопросы, связанные с защитой данных, алгоритмической прозрачностью и снижением рисков необратимых решений, принимаемых без вмешательства человека.

В условиях цифровой трансформации *гибридный интеллектуальный капитал приобретает еще большую значимость*. Это особенно важно с учетом внедрения ИИ, поскольку требуются новые

навыки и способности для работы с высокотехнологичными системами. Поэтому *обучение персонала* становится необходимым условием успешного внедрения ИИ, при этом особое внимание следует уделять нетехническим сотрудникам. Обучение должно способствовать не только повышению квалификации, но и снижению страха перед автоматизацией, которая может вызвать тревогу по поводу утраты рабочих мест.

Еще одним важным аспектом является *привлечение внешней экспертизы в лице консультантов или будущих сотрудников*, которые уже имеют опыт работы в аналогичных проектах по внедрению ИИ. Это позволит избежать типичных ошибок и ускорить процесс адаптации компании к новым технологиям.

Для минимизации возможных проблем, связанных с внедрением ИИ, необходимо также *планировать и управлять рисками*, связанными с этим процессом. Успешные компании уделяют особое внимание финансовой целесообразности проектов, снижению сложности внедрения и достижению конкурентных преимуществ через цифровую трансформацию.

Наконец, крайне важно, чтобы внедрение ИИ сопровождалось *обеспечением измеримости преобразований*, позволяя компании отслеживать прогресс, оценивать влияние новых технологий на операционную деятельность и корректировать стратегии по мере необходимости.

Таким образом, согласованное внимание к каждому из этих аспектов позволит организации эффективно внедрить ИИ, обеспечив успешную цифровую трансформацию и достижение ключевых бизнес-целей. Рассмотрим более детально каждый аспект отдельно.

Стратегический подход

Современные компании, которые достигли конкурентных преимуществ благодаря внедрению инновационных технологий, вынуждают своих конкурентов принимать аналогичные меры для поддержания конкурентоспособности (Oliviera, 2014). Искусственный интеллект и робототехника предлагают значительные преимущества, начиная от стратегических стимулов и заканчивая операционными улучшениями (Tussyadiah, 2020). На текущем этапе развития ИИ находится в ранней стадии внедрения, и многие компании сосредоточены на краткосрочных результатах, упуская из виду долгосрочные стратегические выгоды. Вместо проведения глубокой стратегической перестройки, направленной на обеспечение устойчивого конкурентного преимущества, предприятия часто стремятся к быстрому внедрению ИИ в тех сферах, где возможна быстрая реализация операционных выгод.

Однако, для достижения истинного соответствия между внедрением ИИ и долгосрочной стратегией компании необходимо интегрировать ИИ как ключевой элемент в рамках стратегического планирования. Это позволит не только получить оперативные результаты, но и обеспечить поддержку устойчивого развития бизнеса и его долгосрочного лидерства на рынке.

Для того чтобы ИИ стал неотъемлемой частью их ценностного предложения, компаниям требуется регулярно пересматривать стратегии цифровой трансформации с целью оценки, каким образом новые итерации генеративных моделей могут способствовать достижению долгосрочных бизнес-целей. Такой подход предполагает постоянное обновление приоритетов и пересмотр стратегий, что необходимо для полноценной интеграции ИИ в долгосрочную бизнес-стратегию и для обеспечения устойчивого конкурентного преимущества.

Ценность для клиента

Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-процессы компаний должно быть ориентировано не только на повышение производительности, но и на создание дополнительной ценности для клиентов, что в конечном итоге может способствовать росту доходов. Ранее, на этапе первичного внедрения ИИ, клиенты проявляли осторожность в отношении новых технологий. Например, в таких отраслях, как гостиничный бизнес, роботы воспринимались больше как новинка, чем как полноценные инструменты улучшения сервиса. Опрос, проведенный Travelzoo в 2016 году среди 6200 путешественников в девяти странах, показал, что, хотя большинство респондентов полагали, что роботы могут

улучшить гостиничные услуги, они были готовы взаимодействовать с роботами на стойках регистрации только при условии их сочетания с человеческим персоналом (Singer, 2016). С тех пор ситуация изменилась. Современные технологии генеративного ИИ предоставляют новые возможности для улучшения клиентского опыта — от внедрения инструментов самообслуживания до разработки новых продуктов и модернизации существующих, что повышает их привлекательность и функциональность.

Тем не менее, повышение доходов требует не только оперативных улучшений, но и стратегического подхода. Одним из ключевых вопросов для компаний становится понимание того, каким образом ИИ изменит их отрасль или повлияет на ценообразование предлагаемых продуктов. Например, компании, работающие по модели почасовой оплаты (такие как ИТ или юридические фирмы), могут столкнуться с проблемой восприятия клиентами: повышение производительности за счёт ИИ может привести к тому, что клиенты будут ощущать, будто они теряют собственные средства, несмотря на повышение эффективности самой компании. Это подчеркивает важность пересмотра бизнес-моделей и ценностных предложений в контексте применения ИИ с особым акцентом на интересы клиентов.

Основным принципом внедрения ИИ должно оставаться решение конкретной бизнес-проблемы клиента. Опыт внедрения предыдущих технологий показал, что ценность ИИ заключается в чётком понимании бизнес-целей и способов, которыми технология может способствовать их достижению. Важно не только экспериментировать с новыми технологиями, но и быстро извлекать уроки, избегая ловушек использования технологий ради самих технологий. Опыт ведущих компаний показывает, что максимальная выгода от цифровой трансформации достигается тогда, когда компании не просто оптимизируют существующие процессы, но также активно разрабатывают новые цифровые продукты и привлекают новых клиентов. Применяя такой подход, включающий одновременное развитие новых направлений бизнеса и трансформацию текущих процессов, компания сможет обеспечить устойчивый рост и создание уникальной ценности для клиента.

На начальных этапах внедрения ИИ особенно важно сосредоточиться не столько на показателях прибыли и убытков, сколько на том, как технология влияет на создание ценности для клиента. Например, компания IKEA приобрела стартап Geomagical Labs, специализирующийся на ИИ для визуализации интерьеров, в рамках стратегии улучшения своих цифровых предложений. Благодаря этой технологии клиенты могут виртуально переделывать свои комнаты, экспериментируя с новой мебелью из каталога IKEA, что значительно улучшает их покупательский опыт (Ingka, 2020). Этот пример демонстрирует, как передовые технологии могут создавать дополнительную ценность для клиентов и повышать конкурентоспособность компании.

На начальных этапах внедрения ИИ особенно важно сосредоточиться не столько на показателях прибыли и убытков, сколько на том, как технология влияет на создание ценности для клиента. Например, компания IKEA приобрела стартап Geomagical Labs, специализирующийся на ИИ для визуализации интерьеров, в рамках стратегии улучшения своих цифровых предложений. Благодаря этой технологии клиенты могут виртуально переделывать свои комнаты, экспериментируя с новой мебелью из каталога IKEA, что значительно улучшает их покупательский опыт (Ingka, 2020). Этот пример демонстрирует, как передовые технологии могут создавать дополнительную ценность для клиентов и повышать конкурентоспособность компании.

Не менее важным является вопрос объяснимости модели для клиентов. В ряде случаев необходимо обеспечить прозрачность логики принятия решений, особенно в тех областях, где отказ в услугах может оказать значительное влияние на клиента, например, при отказе в кредите или приеме на работу. В других ситуациях можно использовать менее прозрачные модели, однако это требует чёткого согласования с заинтересованными сторонами.

Вместо фокусирования исключительно на повышении производительности, важно рассматривать ИИ как инструмент для решения конкретных задач клиента и улучшения их пользовательского опыта. Это требует не только оптимизации существующих процессов, но и разработки новых продуктов и

услуг, которые обеспечивают долгосрочное конкурентное преимущество. Компании должны адаптировать свои бизнес-модели и ценностные предложения с учётом того, как ИИ может повлиять на восприятие их клиентами. Особое внимание следует уделить прозрачности и объяснимости решений, принимаемых с использованием ИИ, а также на чётком определении бизнес-задач, которые решаются с помощью технологии. В конечном итоге это позволит компаниям добиться устойчивого роста и укрепить свои позиции на рынке, обеспечивая при этом удовлетворение потребностей клиентов.

Концентрация на выбранной области

Изменяемый процесс должен быть достаточно крупным, чтобы обеспечивать заметный эффект, и достаточно управляемым, чтобы команда, ответственная за внедрение, имела достаточно ресурсов и мотивации для его успешного выполнения. Привязка инициатив к стратегии компании, рассмотренное нами ранее, их открытое обсуждение, приоритизация и стремление к «быстрым победам» также играют важную роль в успешной реализации изменений (Tapushev, 2022). Согласно бизнес-практике, если ИИ не охватывает как минимум 10%-15% организационных процессов, то будет сложно поддерживать долгосрочный фокус и устойчивость изменений. Внедрение ИИ требует концентрации усилий в ключевых областях бизнеса с целью создания критической массы изменений, которые могут быть масштабированы на остальные подразделения и процессы организации. Такой подход позволяет минимизировать риски распыления ресурсов и повышает вероятность успешной интеграции ИИ в стратегические инициативы компании.

Если в отдельном варианте использования не наблюдается существенной ценности, возможно, стоит пересмотреть направление усилий. Наиболее эффективный путь к увеличению ценности бизнеса заключается в переосмыслении ключевых компонент и оценке всех возможных шагов в каждом из них. Комплексная реализация таких шагов может радикально изменить процессы работы. Этот подход требует учета всех доступных инструментов и методов, а не только генеративного ИИ, что обеспечивает больше возможностей для масштабирования, чем фокусировка на пилотных проектах отдельных вариантов использования.

Для эффективного внедрения искусственного интеллекта в организационные процессы необходимо рассматривать его применение на уровне всей цепочки создания ценности, включая этапы реализации проектов и бизнес-процессов. В то время как локальная автоматизация задач на отдельных этапах, например, использование ИИ в качестве инструмента для повышения производительности конкретного сотрудника, может продемонстрировать определенный прирост эффективности, системные изменения, охватывающие несколько функциональных областей, имеют больший потенциал для трансформации бизнеса. Пример из разработки программного обеспечения иллюстрирует эту разницу: предоставление инструмента ИИ разработчику может ускорить выполнение рутинных задач и увеличить производительность на 5–10%. Однако более масштабный подход, включающий анализ всего жизненного цикла разработки и пересмотр взаимодействия всей команды, позволяет достичь значительного повышения эффективности за счет изменения не только отдельных этапов, но и всей структуры взаимодействия участников процесса.

Для достижения устойчивого эффекта от внедрения ИИ критически важно концентрироваться на трансформации целостных бизнес-процессов или функциональных областей, а не ограничиваться локальными решениями. Например, вместо оптимизации отдельного этапа процесса открытия банковского счета через приложение следует охватить весь процесс, включающий в себя проверку данных, автоматизацию рабочих процессов и другие этапы, связанные с открытием счета. Такой подход обеспечивает комплексное решение, которое приносит более ощутимую ценность организации.

Управление ресурсами и контроль играют решающую роль в успешной реализации любого трансформационного проекта. Для успешного организационного перехода необходимо четко определить границы работы, включая приоритеты компании, стратегию продукта, миссию проектной группы и краткосрочные цели. Высшее руководство должно осуществлять строгий надзор, направленный на

поощрение групп к обмену человеческими ресурсами и объединению усилий различных команд. Такой контроль также важен для предотвращения размытия целей и миссии внутри команд. Процесс надзора требует гибкого управления ресурсами, что позволяет оперативно перераспределять их на другие задачи, предотвращая простои. Руководителем команды должен выступать владелец продукта, который сосредоточен на долгосрочном развитии продукта, а не на управлении отдельными проектами. В данном контексте надзор ориентирован на контроль стратегии и целей развития продукта, исключая микроменеджмент и чрезмерное внимание к краткосрочным отчетам, что способствует сохранению стратегического фокуса и достижению долгосрочных целей.

Ответственный ТОП менеджер

Для успешного внедрения ИИ необходимо назначить владельца бизнес-процесса или бизнес-юнита, который будет возглавлять проект, обеспечивать его выполнение и поддерживать вовлечение пользователей на всех этапах – от разработки до постоянного использования. Этот руководитель должен принадлежать к высшему звену управления компании. Оптимальным решением является назначение бизнес- и технологического лидеров, работающих совместно. Однако, в некоторых случаях, данную роль может выполнять один человек, обладающий как глубокими знаниями в бизнесе, так и пониманием технологий (CAIO). Важнейшей задачей этих руководителей является постоянное управление как возникшими проблемами, так и их решениями. Они должны нести полную ответственность за цифровой или ИИ-продукт, вместо того чтобы передавать друг другу требования и ответственность на различных этапах проекта (Wade, 2024). Рассмотрим целесообразность назначения такого ТОП менеджера. Аргументы за:

- Сокращение фрагментации ИИ. Как и другие проекты цифровой трансформации, проекты по внедрению ИИ часто страдают от отсутствия координации на уровне руководства, что приводит к фрагментации решений, недостаточным инвестициям в стратегические инициативы и упущенным возможностям для масштабирования. Назначение CAIO, обладающего мандатом на исследование и применение ИИ по всей организации, поможет сфокусировать внимание и приоритеты на самом высоком уровне. Без такой позиции проекты и инициативы ИИ могут развиваться бессистемно, что приведет к разрозненным и пересекающимся проектам. CAIO позволит объединить эти инициативы под единой стратегией, оптимизировать операции, улучшить инновации и сэкономить средства.

- Трансформационный характер изменений. Многие проекты ИИ нацелены на локальные изменения в рамках отдельных подразделений или функций. CAIO может повысить уровень амбиций, масштабируя проекты на организационном уровне. В данном контексте CAIO может стать партнером для генерального директора и управленческой команды, помогая внедрять радикальные инновации и развивать обновленную корпоративную стратегию.

- Централизованное управление рисками ИИ. Хотя ИИ открывает значительные возможности для повышения производительности, это также сопряжено с сопутствующими рисками. Создание централизованной роли для управления этими рисками поможет раскрыть потенциал ИИ в соответствии с этическими и правовыми нормами по всей компании.

- Улучшение компетенций в области ИИ. Экспертиза, привносимая CAIO извне, помогает устранить пробелы в понимании и применении ИИ внутри компании. CAIO может поддерживать обучение и развитие персонала, повышая квалификацию руководителей в области технологий, рисков и возможностей, связанных с ИИ. Это позволяет организации выработать согласованное и обоснованное понимание ИИ, выходящее за рамки популяризаторских клише.

Аргументы против назначения CAIO:

- Межфункциональные конфликты и дублирование. Введение CAIO может вызвать напряжение в существующей управленческой структуре, особенно с такими ролями, как CIO, CTO или COO, а также CDO (если он имеется). Это дублирование функций может привести к конфликтам в вопросах юрисдикции, распределения ресурсов и стратегического направления. Решением может стать назначение одного из существующих топ-менеджеров (например, CDO) ответственным за ИИ.

— Чрезмерный акцент на ИИ. CAIO, по своей роли, будет склонен акцентировать внимание на ИИ-решениях, возможно игнорируя более простые и экономически эффективные альтернативы. Например, компания может инвестировать в ИИ для обслуживания клиентов, хотя улучшение текущих процессов без ИИ могло бы обеспечить аналогичные результаты с меньшими затратами. Это подчеркивает необходимость того, чтобы CAIO сохранял коммерческую ориентацию и открытость к альтернативным решениям.

— Дополнительные расходы. Финансовые затраты на создание новой позиции С-уровня, включая необходимую инфраструктуру, могут быть значительными. Для оправдания таких расходов важно обоснование в виде ощутимой ценности для бизнеса — или новые доходы, экономия средств или снижение сложности процессов.

Важно уделить внимание измеримости результатов работы новой должности. Поэтому полезно заранее согласовать ожидания с генеральным директором и советом директоров и договориться о том, как следует измерять производительность, а также о сроках получения результатов. Профиль для роли CAIO должен отдавать приоритет сильным навыкам общения, политики и управления изменениями. Поскольку роль кросс-функциональна, CAIO должен будет руководить посредством влияния, иногда без преимуществ формальной власти. Исполнительное место и подчинение генеральному директору могут помочь, но даже это не преодолет структурное сопротивление и «антитела» корпоративных изменений.

Если построить временную ось, начиная от стартового интереса к проектам на базе ИИ и заканчивая полной интеграцией ИИ в процессы компании (см. рис. 4 в пункте 4.3), то роль CAIO целесообразна на промежуточных этапах (экспериментирования, пилотирования и роста), когда уже организация начала делать практические шаги-эксперименты, но еще не полностью интегрировала ИИ во все бизнес-процессы компании. Для многих организаций интеграция ответственности за ИИ в существующие должности, могла бы обеспечить фокус, необходимый инициативам ИИ, без потенциальных недостатков добавления еще одного директора в ТОП-команду.

Операционная модель

Важным этапом в цифровой трансформации компании является изменение её операционной модели с акцентом на цифровизацию. Кроме того, успешная цифровая трансформация часто сопровождается инновациями в бизнес-моделях и повышением организационной гибкости (Ramadan, 2023). Операционные модели могут различаться в зависимости от степени интеграции цифровых технологий в деятельность организации. В литературе выделяют несколько вариантов таких моделей (Lamarre, 2023).

Цифровая фабрика — это отдельная организационная единица, в которой люди работают вместе над созданием цифровых решений для бизнес-подразделений или функций, финансирующих цифровую фабрику. Компании часто изначально выбирают модель цифровой фабрики, поскольку она представляет собой автономную операционную единицу и может быть внедрена относительно быстро (обычно от 12 до 18 месяцев, прежде чем она будет полностью введена в эксплуатацию, хотя ее можно начать использовать в течение нескольких недель). Например, BNP и Scotiabank внедрили эту модель.

Модель продукта и платформы представляет собой более развитую версию цифровой фабрики. Хотя цифровая фабрика может содержать от 20 до 50 модулей, модель продукта и платформы обычно включает несколько сотен модулей, а иногда и тысячи для крупных компаний. Когда компании переходят на модель продукта и платформы, они принимают важное стратегическое решение о перестройке значительной части организации для более эффективного использования технологий в своем основном бизнесе. Amazon, Google, Itaú Unibanco и JPMorgan Chase внедрили эту модель.

Гибкая модель в масштабе всего предприятия основывается на модели продукта и платформы и распространяет преимущества гибкой разработки на весь бизнес, а не только на технологически емкие области. Например, отделы продаж по ключевым клиентам, а также исследования и разработки

также могут получить выгоду от работы в небольших межфункциональных командах. Компании принимают эту модель, когда считают, что ориентация на клиента, сотрудничество и гибкое размещение ресурсов являются ключевыми факторами, определяющими производительность всего предприятия. ING и Spark New Zealand успешно внедрили эту модель.

При изменении операционной модели компании важной целью остается осуществление перехода от жесткой иерархии к более плоским и гибким организационным структурам и обеспечить децентрализованное принятие решений.

ИТ инфраструктура

Оптимизация ИТ-инфраструктуры компании представляет собой многогранный процесс, требующий глубокого понимания различных типов компетентности, необходимых для эффективного внедрения новых технологий. В литературе по внедрению технологий выделяют два основных типа компетентности: внутреннюю ИТ-экспертизу и внешнюю ИТ-экспертизу (Davenport, 2018; Oliveira, 2014; van de Weerd, 2016). Внутренняя экспертиза охватывает знания и навыки, существующие внутри компании, включая опыт и квалификацию сотрудников, а внешняя экспертиза подразумевает привлечение специалистов и консультантов извне, что позволяет организации внедрять передовые практики и инновации. Эта двухкомпонентная структура компетентности является одним из ключевых факторов успеха в контексте внедрения новых технологий, как подтверждают исследования в данной области (Jukic, 2009).

Одним из ключевых аспектов оптимизации ИТ-инфраструктуры является стратегическое техническое планирование. Организациям необходимо систематизировать свои данные и ИТ-системы, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие агентских систем с существующей инфраструктурой. Этот процесс включает несколько этапов:

- Сбор данных о пользовательских взаимодействиях. Регулярный сбор и анализ информации о взаимодействиях пользователей с ИТ-системами позволяет организациям получать непрерывную обратную связь, необходимую для повышения функциональности и улучшения пользовательского опыта.

- Создание гибкости для интеграции будущих технологий. Важной задачей является обеспечение возможности адаптации и интеграции новых технологий в существующую инфраструктуру без нарушения текущих операций. Это подразумевает использование модульных систем и открытых стандартов, что способствует снижению затрат и времени на внедрение новых решений.

Пример из практики индустрии гостеприимства демонстрирует, как большая часть аналитических задач не требует прямого взаимодействия клиентов с системами, и отели в скором времени планируют внедрить такие аналитические инструменты. Однако устаревшие информационные системы отелей создают препятствия, усложняющие интеграцию (Lukanova, 2019). Это подчеркивает важность обновления ИТ-инфраструктуры для эффективного внедрения аналитических инструментов, которые способствуют принятию обоснованных решений и улучшению клиентского опыта.

Дополнительно, исследования показывают, что генеративный ИИ может повысить окупаемость инвестиций в облачные программы на 75-110 процентных пунктов за счёт трёх ключевых преимуществ: открытие новых бизнес-кейсов, сокращение времени и затрат на исправление и миграцию приложений (предварительные результаты демонстрируют сокращение на 40%), а также повышение продуктивности групп разработки приложений и облачной инфраструктуры (Agora, 2023).

В ответ на растущие требования к оптимизации ИТ-инфраструктуры в марте 2024 года компания NVIDIA представила новый инструмент — NVIDIA Inference Microservices (NIM), разработанный для трансформации подхода к развертыванию и использованию искусственного интеллекта в корпоративных средах с минимизацией зависимости от базовой технологии (Saunders, 2024). Одним из ключевых преимуществ NIM является его универсальность при развертывании. Этот инструмент способен

эффективно функционировать в различных инфраструктурах — от локальных рабочих станций до облачных и локальных центров обработки данных. Такая гибкость позволяет компаниям оперативно адаптироваться к изменениям в технологиях и требованиям рынка.

Кроме того, NIM предлагает специализированные модели для различных отраслей, что дает возможность организациям более точно настраивать свои решения под конкретные потребности. Поддержка множества моделей искусственного интеллекта расширяет возможности использования NIM в разнообразных сценариях — от обработки естественного языка и анализа изображений до видеоаналитики и применения в здравоохранении. Это делает NIM эффективным инструментом для компаний, стремящихся интегрировать ИИ в свои бизнес-процессы и получить ощутимые преимущества от его применения.

Продукт данных

Современные организации обладают доступом к разнообразным типам данных, включая видео, стенограммы телефонных разговоров, сообщения чатов с клиентами, электронные письма и календари встреч. Возможности крупных языковых моделей по анализу, обобщению и генерации этого неструктурированного массива данных радикально изменяют подходы к управлению знаниями. Однако успешное внедрение решений на основе искусственного интеллекта требует работы с хорошо подготовленными данными, полученными из надежных источников (Jabłońska, 2017).

Способности ИИ и его базовых моделей машинного обучения постепенно трансформируют отдельные бизнес-процессы в организациях. Тем не менее, значительное число проектов, связанных с внедрением ИИ, сталкиваются с трудностями, особенно на этапе развертывания, что приводит к ощутимым финансовым потерям (Hoerl & Redman, 2023). Основные проблемы при реализации таких проектов связаны с недостаточной стандартизацией, форматированием и качеством данных. Качество работы ИИ напрямую зависит от качества данных, которые он обрабатывает. Исправление же базовых проблем, связанных с данными, является гораздо более сложной, дорогостоящей и трудоемкой задачей, чем ожидает большинство руководителей. В ситуациях провалов проектов специалисты по работе с данными и руководство компаний нередко рассматривают сбои как единичные случаи, не проводя системного анализа, который мог бы способствовать предотвращению подобных проблем в будущем.

Современные компании могут минимизировать риски сбоев на этапе развертывания ИИ-систем, но для этого требуется глубокое понимание наборов данных и моделей данных. Это знание позволит не только задавать корректные вопросы разработчикам ИИ-моделей, но и объективно оценивать предоставленные ответы. Однако специалисты по данным часто оказываются недостаточно подготовленными для предотвращения или точной диагностики сбоев ИИ-моделей, поскольку их обучение в основном сосредоточено на технических аспектах машинного обучения. Существует мнение, что «разработчики моделей, как и художники, склонны чрезмерно увлекаться своими творениями и влюбляться в них», что может приводить к недостаточному вниманию к качеству данных и, как следствие, к увеличению числа неудачных проектов.

Кроме того, разработчики моделей искусственного интеллекта зачастую полагаются на легко доступные наборы данных, что может снижать эффективность решений, поскольку эти данные могут не соответствовать специфике решаемых задач. Топ-менеджеры, не обладающие ученой степенью в технических дисциплинах, часто менее подготовлены к обнаружению проблем, связанных с моделями ИИ и наборами данных. Тем не менее именно они в конечном итоге принимают решения о том, следует ли и насколько широко внедрять модели ИИ в организацию. После того как бизнес-заказчик подтверждает бизнес-задачу, которая требует решения, ключевым моментом становится определение правильных данных. Без правильного набора данных проект в области ИИ, как правило, терпит неудачу.

Топ-менеджер по данным должен оценить следующие связанные аспекты: во-первых, данные для обучения; во-вторых, саму модель ИИ; в-третьих, данные, которые будут применены к модели в будущем. Для обеспечения качества данных, необходимых для разработки эффективных ИИ-решений, необходимо обращать внимание на несколько ключевых критериев:

- *Релевантность и репрезентативность.* Данные, используемые для построения модели, должны быть релевантными для решаемой задачи. Например, в случае с моделью кредитного скоринга важными атрибутами могут быть возраст, история просроченных платежей и уровень дохода. В идеале, все значимые атрибуты должны быть включены в модель (обеспечение полноты данных), а вводящие в заблуждение, посторонние или незаконные атрибуты исключены. Набор данных должен адекватно отражать реальную среду, в которой будет использоваться модель, чтобы избежать искажения результатов.

- *Полнота и адекватное представительство.* Необходимы данные, которые полностью охватят интересующую совокупность и будут достаточными для обучения модели ИИ. Важно учесть, что исключение определенных данных может быть обусловлено конфиденциальностью или другими нормативными соображениями, что требует особого внимания при сборе данных и их использовании в обучении модели.

- *Свобода от предвзятости.* Один из ключевых аспектов разработки ИИ-моделей — устранение скрытых предвзятостей в данных. В примере с кредитным скорингом это особенно важно, поскольку предвзятость может негативно сказаться на результатах. Например, использование почтовых индексов как одного из атрибутов может косвенно отражать расовую принадлежность и привести к дискриминации при принятии решений о кредитовании.

- *Своевременность данных.* В некоторых случаях старые данные могут содержать систематические ошибки, которые трудно корректировать. В других ситуациях актуальность данных может иметь критическое значение — например, когда информация становится устаревшей уже через несколько минут после её создания.

- *Доступность.* Данные должны быть легко доступными для анализа и использования, что способствует быстрой разработке и внедрению решений на основе ИИ.

- *Четкость определения терминов и единиц измерения.* Все используемые в модели термины и единицы измерения должны быть четко определены. Это позволяет избежать ошибок интерпретации и обеспечивает точное понимание того, как данные используются для принятия решений.

- *Определить необходимые исключения.* Важно учитывать, что некоторые данные могут быть исключены из анализа на основе юридических, нормативных, этических соображений или защиты прав интеллектуальной собственности. В условиях растущей обеспокоенности тем, что ИИ-модели, обученные на общедоступных источниках, могут нарушать права на интеллектуальную собственность, требуется особое внимание к исключению таких данных из процесса обучения.

После обучения модель может быть обновлена в будущем с использованием новых данных (данных будущего), то есть данных, которых у вас еще нет, но которые будут применяться к модели ИИ в будущем, например, для дообучения. Таким образом, при разработке моделей ИИ разработчикам следует в первую очередь четко определить бизнес-проблему и интересующую совокупность данных, которые ее касаются. После этого разработчики должны определить критерии, которым должны соответствовать данные для обучения модели. Эти критерии должны быть строго связаны с целями и бизнес-проблемой, которые решает компания.

Следующим шагом является сравнение доступных данных для обучения с этими критериями. Это позволяет оценить, насколько собранные данные соответствуют требованиям задачи и могут ли они способствовать адекватному обучению модели. Аналогичная оценка должна быть проведена и для будущих данных, которые могут быть использованы для поддержки модели в реальных условиях. Любые значительные пробелы или несоответствия между требуемыми и фактическими данными могут служить индикатором потенциальных проблем, связанных с надежностью модели и качеством прогнозов.

Большинство организаций традиционно сосредотачивают свои усилия по работе с данными на структурированных данных (значениях, которые можно организовать в таблицах, таких как цены и характеристики). Но реальная ценность программ LLM заключается в их способности работать с неструктурированными данными (например, слайдами PowerPoint, видео и текстом). Компании могут определить, какие источники неструктурированных данных являются наиболее ценными, и установить стандарты тегирования метаданных, чтобы модели могли обрабатывать данные, а команды разработки могли находить то, что им нужно (тегирование особенно важно, поскольку помогает компаниям также удалять данные из моделей, если это необходимо).

Что касается текущего положения вещей, то, например, в опросе AWS 93% респондентов согласились, что стратегия данных имеет решающее значение для получения пользы от генеративного искусственного интеллекта, но, при этом, 57% до сих пор не вносили никаких изменений в свои данные (Davenport, 2024). Реализация сложных вариантов использования, вероятно, потребует от организаций определения и документирования бизнес-процессов в кодифицированные рабочие процессы, которые затем используются для обучения агентов. Аналогичным образом, организации могут рассмотреть, как они могут захватить предметную экспертизу, которая будет использоваться для обучения агентов на естественном языке, тем самым оптимизируя сложные процессы.

Не только трансформация существующих бизнес-моделей, но и создание новых напрямую связано с эффективным использованием данных. Согласно ежегодному опросу McKinsey среди бизнес-руководителей по вопросам создания новых бизнесов, около 36% из них ожидают, что новые бизнесы будут основаны на данных, аналитике и искусственном интеллекте в течение ближайших пяти лет — это самый высокий показатель среди всех категорий создания новых бизнесов (Libarikian, 2024). Рост монетизации данных в 2024 году был обусловлен следующими факторами:

- *Повышение эффективности управления данными.* Современные технологии позволяют компаниям обрабатывать, управлять и использовать данные в режиме реального времени на различных платформах более эффективно благодаря улучшенным инструментам работы с данными.
- *Генеративный ИИ.* Ранее преобразование неструктурированных данных, таких как текст, изображения и видео, в стандартизированную форму для анализа было слишком дорогостоящим для большинства компаний. В настоящее время генеративный ИИ делает этот процесс более доступным, что расширяет возможности использования таких данных. С появлением платформ с низким или нулевым кодом ИИ и аналитика становятся доступнее, позволяя компаниям извлекать больше пользы из данных.
- *Увеличение доступа к данным реального мира.* По мере распространения технологий Интернета вещей (IoT), затраты на внедрение сенсоров и сбор данных из реального мира значительно снизились, что упростило доступ к таким данным.

- *Отношение к данным как к продукту.* Компании все чаще рассматривают свои данные как ценный актив, который может быть использован в различных сценариях, что усиливает их значимость и открывает новые возможности для использования данных внутри организации.

Большинство организаций значительно недооценивают, какие данные у них имеются, и не обладают достаточным пониманием их потенциала. Важным аспектом работы с данными является их форматирование. Организации должны стремиться к агрегированию всех доступных данных в единое «озеро данных», что позволит применять методы машинного обучения для извлечения полезных знаний и закономерностей. Но этого может быть недостаточно. Чтобы использовать данные как отдельный продукт, который может приносить дополнительную ценность, для организации существенной задачей является анализ, какие внешние данные можно интегрировать с внутренними. Для этого в первую очередь необходимо четко представлять, какие данные имеются в наличии и какие в них есть пустые места. Далее организации должны исследовать возможность интеграции внешних данных для обогащения существующих, что позволяет повысить ценность данных и создать новый продукт на их основе. Дополнительно, необходимо провести цифровизацию знаний своих экспертов,

чтобы перевести их опыт и навыки в формат виртуальных помощников до их выхода на пенсию, обеспечивая тем самым долгосрочную устойчивость и развитие компании.

Продукт данных. Таким образом, компании, которые инвестируют время в объединение своих данных и создают эффективные инфраструктуры, такие как хранилища данных и озера данных, получают значительное конкурентное преимущество – решение проблемы взаимодействия и повышения отдачи от инвестиций в ИИ лежит в области создания и управления продуктов данных. (Davenport, Bean. 2022). Продукт данных нацелен на предоставление высококачественного, готового к использованию набора данных, который можно анализировать и применять к различным сферам использования. Продукты данных устраняют большую часть дублирования усилий, которое возникает при разработке индивидуальных решений для данных для каждого варианта использования. Как и физические продукты, продукты данных развиваются на основе потребностей клиентов, которые могут включать внутренних и внешних пользователей. Эта модульность позволит масштабироваться по мере развития потребностей клиентов. Продукт данных должен быть в состоянии поддерживать различные требования к хранению, обработке и управлению данными, чтобы соответствовать различным «архетипам потребления» пользователей, таким как цифровые приложения или системы отчетности.

Возглавить продукт данных должен партнер по продукту данных (ППД), который будет подчиняться ТОП менеджеру по данным (при его наличии). Поиск таких специалистов внутри организации представляет собой сложную задачу, поскольку они должны обладать мышлением делового партнера и менеджера по продукту, а также разбираться в данных, аналитике и искусственном интеллекте. На начальных этапах процесса ППД выполняют роль двунаправленных переводчиков, связывая возможности аналитики и искусственного интеллекта с потребностями бизнеса. На более поздних стадиях жизненного цикла продукта партнер по продукту данных несет ответственность за несколько ключевых функций:

- оценку того, как продукт внедряется и используется;
- контроль качества работы пользовательского интерфейса и отслеживания числа пользователей, которые этим продуктом пользуются;
- обеспечение того, чтобы продукт приносил или превышал ценность, обещанную на этапе инициирования;
- формирование в организации культуры восприятия продукта данных как продукта, а не как разового проекта.

ППД также измеряют базовую производительность до внедрения продукта и его влияние на бизнес-процессы в дальнейшем, включая оценку результатов, получение дохода и внутреннюю экономию. В процессе внедрения важно вести активные коммуникации с бизнес-заказчиками и пользователями, сообщать о достигнутых результатах бизнесу через внутренние отчеты и периодические издания компании, что способствует повышению осведомленности и стимулированию спроса на партнерство. Такие действия могут значительно улучшить восприятие ценности продуктов данных в рамках организации и способствовать успешному их внедрению.

Описанный подход оказался успешным в Regions Bank: в период 2019-2022 было внедрено более 10 продуктов данных, приносящих доход и позволяющих экономить средства (с дополнительным финансовым эффектом в восьмизначном диапазоне), а также еще несколько продуктов для внутренних функций поддержки (Davenport & Bean. 2022).

Раннее вовлечение клиентов, тестирование и получение от них обратной связи важно запускать при минимальной жизнеспособности продукта, чтобы избежать ловушки переоценки его потенциала. Одним из распространенных подходов является набор небольшой группы целевых клиентов, желающих стать ранними последователями и предлагать постоянную обратную связь на протяжении всей сборки продукта. В виде примера можно привести европейскую фармацевтическую компанию, которая обеспечила успешный запуск своего продукта данных, инициировав последовательный цикл обратной связи с потенциальными клиентами для проверки каждой функции во время разработки.

Это включало частое общение с клиентами и тестирование прототипа в стиле А/В. Во время разработки эксперты по предметной области также часто проверяли алгоритмические выходные данные. Эти циклы обратной связи желательно использовать на протяжении всего жизненного цикла продукта (Libarikian, 2024).

Метаданные. Важно помнить, что в современных условиях каждая фотография и каждый документ, созданные на цифровых устройствах, становятся носителями обширных метаданных, описывающих информацию о создателе контента, процессе его создания, а также условиях проверки, распространения и хранения. Эти метаданные играют ключевую роль в развитии человеческих знаний и опыта, однако они также порождают ряд серьезных проблем. Во-первых, метаданные легко реплицируются, что может приводить к быстрому распространению ошибок, поскольку они менее объемны и проще в использовании, чем сами данные (Sinnreich, 2024). Во-вторых, накопление метаданных создает новые наборы данных, стирая границы между метаданными и основными данными. Это не только усложняет управление данными, но и ставит под угрозу конфиденциальность пользователей, поскольку метаданные могут быть использованы для идентификации личности (Sinnreich, 2024). Наблюдается также несоответствие между социальным пониманием конфиденциальности и тем, как работают современные системы обработки данных, что приводит к непреднамеренному раскрытию информации.

В связи с этим коммерческие организации должны остерегаться потенциальных последствий использования данных, учитывая как юридические, так и этические аспекты. Законы и правила в данной сфере остаются неоднозначными, что создает дополнительные риски, связанные с использованием защищенных авторским правом или личных данных для обучения моделей (Sinnreich, 2024). Важно помнить, что данные являются не нейтральным инструментом, а носителями политических последствий, что требует более внимательного и ответственного подхода к их сбору и использованию. Регулирование должно охватывать все этапы цепочки создания ценности, чтобы минимизировать непреднамеренные негативные последствия и обеспечить адекватную защиту прав пользователей и владельцев данных.

Ответственный искусственный интеллект

Искусственный интеллект становится одним из ключевых факторов, формирующих будущее бизнеса и общества. Однако одновременно с расширением возможностей ИИ возникает целый ряд вызовов, связанных с его этическим использованием и ответственным управлением. Вопросы прозрачности, справедливости и подотчетности систем ИИ приобретают все большую значимость, особенно в контексте глобальных дискуссий о влиянии новых технологий на экономические, социальные и культурные структуры. Так, согласно результатам исследований, более 70% крупных компаний по всему миру признают важность искусственного интеллекта для своего будущего и активно разрабатывают его приложения в различных бизнес-процессах. Вместе с тем, большинство организаций осознают, что ИИ обладает этическими аспектами, и необходимо обеспечить, чтобы создаваемые и внедряемые системы ИИ были прозрачными, объективными и справедливыми (Davenport, 2023). В то же время, результаты опроса, проведенного McKinsey в период с 22 февраля по 5 марта 2024 года среди 1363 респондентов, представляющих широкий спектр регионов, отраслей, размеров компаний, функциональных направлений и должностей, свидетельствуют о том, что лишь 18% организаций имеют специализированные советы, ответственные за управление ИИ, и только 33% участников осознают риски, связанные с генеративным ИИ, а также знакомы с мерами по их снижению (Singla, 2024).

Основной проблемой является то, что существующие инициативы по внедрению ИИ зачастую не учитывают интересы широких слоев общества, что способствует доминированию корпоративных интересов и усилению иерархии. Возникает опасность концентрации власти в руках тех, кто не несет достаточной ответственности за последствия использования ИИ, что требует пересмотра существующих подходов к его управлению. Необходимо внедрение более строгих регулятивных рамок для использования ИИ, учитывающих как научные, так и социальные ценности.

На международном уровне, в частности в рамках ООН, уже разработаны рекомендации по ответственному применению ИИ (Saeed, 2024). В некоторых регионах, например, в Азии, также предпринимаются усилия по созданию надежных этических рамок для ИИ. Особую важность приобретает инклюзивность моделей ИИ, а данные, используемые для обучения, должны в полной мере отражать многообразие различных социальных групп. На каждом этапе проектирования, разработки и развертывания систем ИИ необходимо следовать принципам прозрачности, справедливости, человек-ориентированности и подотчетности.

Для достижения этих целей требуется обеспечение прозрачного взаимодействия со всеми заинтересованными сторонами, а также разработка и внедрение практических рекомендаций для ответственного управления ИИ. В частности, при предотвращении нежелательных действий со стороны нейронных сетей выделяются два ключевых подхода: использование бенчмаркинга и привлечение «красных команд» для тестирования систем ИИ (O'Neil, 2024).

Бенчмаркинг представляет собой набор данных, который включает входные данные и соответствующие желаемые выходные данные. Процесс создания индивидуального бенчмаркинга является трудоемким, однако организация может считать это необходимым для точной оценки работы больших языковых моделей (LLM) в соответствии с ее вариантами использования. Тем не менее, бенчмаркинг имеет свои недостатки. В случае, если данные бенчмаркинга оказываются в обучающих данных модели, она может «запомнить» эти ответы в своих параметрах. Кроме того, бенчмаркинг LLM подвержен закону Гудхарта, согласно которому «когда мера становится целью, она перестает быть хорошей мерой» (Clist, 2016). Это означает, что если конкретный бенчмаркинг становится основным фокусом оптимизации модели, то модель может переобучиться в ущерб своей общей производительности и полезности. Также существует информация о том, что по мере развития моделей они становятся способными осознать, когда их оценивают, что может сделать бенчмаркинг устаревшим. Следовательно, по мере увеличения сложности и мощности моделей бенчмаркинга, используемые для их оценки, также должны развиваться.

Красные команды (red-teaming) представляют собой тестирование системы на надежность с использованием состязательного подхода. Упражнения по red-teaming для LLM предназначены для выявления нежелательных ответов модели. Красные команды могут применять различные методы, такие как:

- попытаться заставить модель генерировать жестокий или опасный контент, раскрыть данные ее обучения, нарушить авторские права на материалы или взломать сеть поставщика модели с целью кражи данных клиентов;
- применить технические приемы, при которых бессмысленные символы систематически вводятся в подсказки для выявления проблемного поведения;
- использовать методы социальной инженерии, позволяющих «обмануть» модель с помощью естественного языка для получения нежелательных выводов.

Эффективное применение красных команд требует междисциплинарного подхода, разнообразных точек зрения и вовлечения всех заинтересованных сторон, включая разработчиков и конечных пользователей. Совместный социотехнический подход, который обеспечивает более комплексную оценку модели, способствует повышению строгости оценки и безопасности модели. Для генерации сценариев тестирования можно использовать другие LLM. Красные команды способны выявлять проблемы, которые трудно обнаружить в условиях нормальной эксплуатации или стандартных процедур тестирования. Стандартный подход, совместимый с подходом красных команд и основанный на результатах *этической матрицы*, рассмотренной ранее в пункте 3.3, обеспечивает высокую надежность модели и обоснованность ее результатов в конкретном контексте использования.

Существенным ограничением метода красных команд является его субъективность: ценность и эффективность упражнений могут значительно варьироваться в зависимости от креативности и готовности к риску отдельных групп заинтересованных сторон. Поскольку не существует установленных стандартов и минимально необходимых объемов для применения метода красных команд, может

быть сложно определить, когда тестирование было достаточным для гарантии создания ответственного ИИ. Таким образом, не удастся оценить все риски, которые не были вообразены, что оставляет место для уязвимости ИИ к уникальным рискам и непредвиденным сценариям использования. Тем не менее, это не исключает необходимости создания системы показателей для оценки того, прошла ли модель соответствующее тестирование и не несет в себе контекстуальных угроз.

Важность контроля. Любая организация, которая хочет внедрить алгоритмы ИИ в областях с высоким уровнем воздействия на свои основные бизнес-процессы, должна отслеживать риски причинения вреда всем важным для этой организации заинтересованным сторонам. Это должно быть сделано в зависимости от контекста и с помощью разнообразных методов: от старомодных блок-схем, до бенчмаркинга и красных команд. Необходимые меры контроля при изменении бизнес-процессов должны зависеть от таких факторов, как сложность алгоритмов ИИ, требования к данным (точность прогнозов), характер взаимодействия человека с машиной (или машины с машиной), размер и вероятность урона от действий злоумышленников, а также глубина внедрения ИИ в бизнес-процессы. Иногда необходим концептуальный контроль, начиная с описания вариантов использования ИИ при принятии решений. Важные аспекты разрывания системы контроля – это и конкретные средства контроля данных и аналитики; и требования прозрачности (понятности, объяснимости получаемых решений); и средства контроля обратной связи, такие как анализ производительности для выявления деградации ИИ или его предвзятости. Но если риск ИИ невозможно надежно измерить или понять, поскольку результаты слишком стохастичны или непоследовательны, то просто не следует использовать ИИ в этом контексте. Но это решение должно принимать высшее руководство с учетом соотношения величины риска и величины потенциальной выгоды от использования технологии ИИ в том или ином бизнес-процессе.

Ответственное внедрение ИИ должно начинаться с первого дня разработки. В традиционных подходах риск-менеджмент и соответствие нормативам обычно рассматриваются после завершения разработки. Однако для ИИ ответственность должна быть интегрирована с самого начала. На уровне руководства должен быть назначен специалист по ответственному ИИ, который участвует в принятии стратегических решений, способствуя обсуждению этических аспектов на всех этапах разработки технологии.

Человекоцентричность организации

Результаты проведенного в 2020 году исследования, сравнивающего балансовые отчеты компаний из списка Fortune 500 пятидесятилетней давности с их современными аналогами, демонстрируют кардинальные изменения в источниках создания стоимости. В 1970-х годах более 80% стоимости компаний приходилось на материальные активы, такие как производственные мощности и оборудование (Ali, 2020). Именно по этой причине акционерная стоимость играла такую значительную роль, поскольку акционеры предоставляли капитал, необходимый для приобретения этих активов, которые, в свою очередь, и формировали основную часть стоимости компаний.

В современных условиях ситуация изменилась: более 85% стоимости крупных корпораций создается нематериальными активами, такими как интеллектуальная собственность, бренды и репутация, которые в большей степени зависят от человеческого капитала, а не от физических ресурсов. Это фундаментальное сдвигание, вызванное технологическим прогрессом, требует кардинально иного подхода к управлению компаниями. Основная задача теперь заключается не в поиске финансовых средств для приобретения материальных ресурсов, а в привлечении, мотивации и удержании высококвалифицированных специалистов, так как именно человеческий капитал стал главным источником ценности.

Современная концепция капитализма заинтересованных сторон, акцентирующая внимание на экологической ответственности, социальной справедливости и заботе о сотрудниках, отражает осознание того, что корпорации XXI века гораздо более ориентированы на человеческий фактор, чем их

предшественники. В связи с этим возникает необходимость переосмысления подходов к управлению, учитывая стремительно изменяющуюся реальность.

Более того, быстрые темпы изменений делают устаревшими традиционные методы управления, характерные для XX века. Функции генеральных директоров и топ-менеджеров всё более смещаются от директивного управления к созданию вдохновляющей и поддерживающей среды, в которой сотрудники могут реализовать свои профессиональные и личные амбиции. Таким образом, управление в XXI веке требует глубокого понимания человеческой природы и способности интегрировать в процесс управления целостное восприятие личности сотрудников, учитывая их устремления, ценности и мечты. Руководителям необходимо рассмотреть три ключевых аспекта, связанных с их сотрудниками, в условиях влияния генеративного ИИ:

- Реорганизация работы с акцентом на человеческий фактор. Важно определить, какие задачи целесообразно оставить за людьми, какие могут быть выполнены генеративным ИИ, и как люди будут управлять как другими людьми, так и самим использованием ИИ. Технические навыки, (например, программирование) останутся важными, но социально-эмоциональные и когнитивные навыки будут ключевыми для творческой и совместной работы в будущем. Это может потребовать больше встреч в офисе или других форм взаимодействия для повышения продуктивности.

- Переосмысление гибкости работы. По мере изменения рабочих процессов оценка эффективности сотрудников должна смещаться с затрат времени на достигнутые результаты. С помощью генеративного ИИ можно повысить производительность настолько, что выполнение значимых задач за 20 часов в неделю станет реальностью, изменив подход к распределению рабочего времени.

- Фокус на правильной обратной связи. Важным аспектом становится диалог с сотрудниками, а не управление на основе указаний. Постоянное взаимодействие поможет улучшить как рабочие процессы, так и моральный дух в коллективе.

Большинство сотрудников позитивно настроены к внедрению генеративного ИИ, хотя около 4% обеспокоены возможной потерей работы, и этот показатель возрастает до 7% среди работников 18–24 лет. (De Smet, 2024). В условиях использования генеративного ИИ менеджеры среднего звена могли бы сократить время, затраченное на задачи, не связанные с людьми, и сосредоточиться на поддержке сотрудников и стратегических вопросах. По мере того, как команды начнут использовать генеративный ИИ, работа менеджера среднего звена будет сосредоточена на управлении как людьми, так и использования технологии ИИ для повышения производительности сотрудников. Другими словами, существует вероятность, что генеративный ИИ станет еще одним членом команды, которым нужно будет управлять.

В этом контексте интересно важно чтобы агенты ИИ могли быть более человек-ориентированными и могли понимать и воспринимать боль людей, с целью своими действиями или бездействиями не приводить к ней. Исследования, которые происходят в этом направлении, показывают, что обнаружение боли человека по выражению лица уже доступно ИИ. Так точность обнаружения варьировалась от 80,9% до 89,59% (De Sario, 2023), что является довольно высоким показателем, который поможет интегрировать агентов ИИ в человеческие сообщества более эффективно.

Для целей интеграции также важно развивать эмпатию со стороны ИИ, которая быть разработана путем всестороннего изучения человеческой эмпатии. Агент ИИ с эмпатическими реакциями, подобными человеческим, считается более заботливым, симпатичным и заслуживающим доверия (Rodrigues, 2015). Вычисление человеческих реакций на события, вызванные эмпатией, создает модели для более человеческой эмпатии ИИ. (Сао, 2024). Это возможно осуществлять путем позволения агентам ИИ изучать эмпатическое поведение, наблюдая за человеческими взаимодействиями (McQuiggan, 2009). Таким образом через обнаружение боли и эмпатию появляется все больше возможностей для более плавного внедрения агентов ИИ в человеческие сообщества.

Дополнительным фактором успешной цифровой трансформации является вовлеченность. Вовлеченность — это важный элемент человеческой мотивации, связанный с удовлетворением потребности людей в принадлежности к значимым процессам и структурам. Высокий уровень вовлеченности

в продукт компании свидетельствует о правильности выбора этого продукта и его ключевых качественных характеристик для потребностей конкретных клиентов. Поэтому, уже на этапе прототипирования продукта, когда продукт передаётся конечному пользователю (клиенту или сотруднику) — уровень вовлеченности стремительно возрастает.

Обучение и развитие персонала

Цифровая трансформация, охватывающая внедрение искусственного интеллекта, роботизации и автоматизации, становится ключевым процессом для современных компаний. Важным аспектом этой трансформации является вопрос человеческих ресурсов. Как показывает наше исследование, сопротивление сотрудников, роботизация и замена представляют собой серьезные препятствия для успешного осуществления цифровой трансформации (Но, 2020; Tuomi, 2019, 2020). Для преодоления этих барьеров критически важно наладить процесс обучения и переобучения сотрудников.

ИИ активно улучшает деятельность специалистов в различных областях, таких как наука, технологии, инженерия, математика (STEM), а также креативные профессии, деловые и юридические специальности. Однако полная замена рабочих мест происходит далеко не везде. Основное воздействие автоматизации затрагивает другие категории — например, занятость в сферах офисной поддержки, обслуживания клиентов и общественного питания продолжает сокращаться. Кроме того, экологические преобразования, такие как переход к чистому нулю выбросов парниковых газов, оказывают значительное влияние на рынок труда, вызывая изменения в структуре занятости. Рабочие места перемещаются из нефтяной, газовой и автомобильной промышленности в «зелёные» отрасли. Параллельно с этим инфраструктурные проекты стимулируют спрос на рабочую силу в строительной отрасли: например, в США ощущается нехватка почти 400 000 рабочих (Ellingrud, 2023).

Еще одной важной тенденцией является рост спроса на работников в сфере здравоохранения, вызванный старением населения. Увеличение потребности в транспортных услугах также связано с активным развитием электронной коммерции. Важно отметить, что работники на низкооплачиваемых должностях в 14 раз чаще сталкиваются с необходимостью смены профессии по сравнению с теми, кто занимает наиболее высокооплачиваемые позиции. Для успешного перехода им потребуется приобретение новых навыков, что делает обучение ключевым элементом адаптации к изменениям на рынке труда. Важно отметить гендерный аспект: женщины сталкиваются с необходимостью смены профессии в 1,5 раза чаще, чем мужчины (Ellingrud, 2023).

Все эти тенденции подчеркивают *важность обучения персонала новым навыкам*. Работодателям предстоит нанимать сотрудников, основываясь на их навыках и компетенциях, а не только на наличии дипломов. Это потребует привлечения работников из упускаемых групп населения, таких как сельские рабочие или люди с ограниченными возможностями, и предоставления им системного обучения.

Для успешной цифровой трансформации изменения в корпоративной культуре становятся важным условием. Культура организации часто определяется как поведение сотрудников, когда за ними никто не наблюдает. Создание корпоративной культуры, основанной на данных и человекоцентричности, *или культуры «7U»* (предложенной и рассмотренной в пункте 3.4 нашего исследования), требует значительных усилий и времени. Вместо ожидания быстрых результатов через один-два года, стоит ориентироваться на более длительные сроки — до пяти лет. Глубоко укоренившиеся модели поведения требуют времени для изменения, однако при наличии начального импульса и постоянной поддержки такие изменения становятся достижимыми. Особенно важно правильно сочетать руководящие усилия, направленные сверху вниз, с инициативами сотрудников на нижних уровнях организации. Этот симбиоз обеспечивает устойчивое изменение корпоративной культуры и способствует интеграции новых технологий.

Процесс внедрения ИИ может быть значительно ускорен с помощью методов сторителлинга и геймификации (Davenport & Ronanki, 2018; Wilson & Daugherty, 2018). Руководители организаций

должны эффективно донести до сотрудников видение предстоящих изменений, объяснив их значимость и пользу. Это способствует формированию новых привычек и отказу от устаревших подходов. Для успешной трансформации необходимо активное вовлечение сотрудников, которое можно достичь через краудсорсинг идей. Важно также выделить амбассадоров среди сотрудников, которые будут делиться личными историями успеха, поддерживать инициативы и вдохновлять коллег. Геймификация может включать интерактивные методы, такие как викторины, хакатоны или конкурсы по сторителлингу. Эти мероприятия способствуют здоровой конкуренции, мотивируют сотрудников к участию и повышают их вовлеченность в процесс изменений, что, в свою очередь, способствует успешной интеграции ИИ в корпоративные структуры.

Одним из ключевых факторов, который способствует внедрению ИИ в компаниях, является появление «разработчиков-граждан» — сотрудников, не входящих в основную ИТ-группу, но создающих приложения или настраивающих ИИ для своих задач или для коллег (Schneider, 2024). Эти сотрудники становятся важными элементами цифровой трансформации, так как внедряют технологии на своих рабочих местах.

Переход к использованию агентов на основе генеративного ИИ требует выработки механизмов контроля их действий, а такой контроль является еще одним важным навыком, которому нужно обучать сотрудников компаний. Необходимо обеспечить баланс между автономией ИИ и управлением рисками. Это включает проверку точности, справедливости и взаимодействие с экспертами для поддержки и масштабирования систем агентов. Важно разработать "обучающий маховик" (learning flywheel), который обеспечит постоянное совершенствование системы на основе обратной связи. Однако, как показывают исследования, инвестиции в проекты, связанные с обработкой данных и аналитикой, не гарантируют, что сотрудники будут использовать эти данные для принятия обоснованных решений. Например, по результатам опроса 2024 года, проведенного NewVantage Partners среди директоров по информационным технологиям и руководителей по работе с данными компаний из списка Fortune 1000, около 60% респондентов признали, что им не удалось сформировать культуру, основанную на данных и аналитике (Wawestone, 2024).

Нетехнические навыки, такие как умение взаимодействовать с ИИ, играют ключевую роль в цифровой трансформации. Отношение к ИИ варьируется от восприятия его как «словарного калькулятора» до наделения человекоподобными когнитивными качествами, что требует осознания этических аспектов. Важным становится обучение сотрудников тому, как правильно использовать ИИ, и как минимизировать потенциальные риски.

Для успешного внедрения искусственного интеллекта в компании *необходимы четыре ключевые роли*, каждая из которых выполняет определенные обязанности, связанные с их талантом и действиями при продвижении вариантов использования ИИ:

- *Дизайнеры.* Дизайнеры или менеджеры по продуктам играют важную роль в управлении развёртыванием ИИ, определяя области его использования в соответствии с общей стратегией компании и дорожной картой внедрения. Их следует привлекать из тех подразделений, где ИИ будет иметь наибольшее воздействие. Основные задачи менеджеров продуктов — выявление и смягчение соответствующих рисков, а также содействие культурным изменениям, необходимым для успешного принятия ИИ. Они несут ответственность за достижение бизнес-ценности, обеспечивая безопасность сотрудников и клиентов.

- *Инженеры.* Инженеры — это технические специалисты, которые понимают механику ИИ и отвечают за разработку и адаптацию технологии под конкретные сценарии использования. Они занимаются реализацией технических аспектов внедрения ИИ и разрабатывают стратегии для мониторинга и смягчения технических рисков.

- *Менеджеры.* Менеджеры или управляющие формируют команды и организуют процесс внедрения ИИ. Они управляют работой менеджеров продуктов и инженеров, устанавливают правила и контролируют их соблюдение, а также обеспечивают обучение пользователей. В их задачи входит

управление рисками, включая риски, связанные с качеством данных, конфиденциальностью, кибербезопасностью, нормативным соответствием и технологическими аспектами.

— *Пользователи.* Конечные пользователи ИИ являются важной частью процесса, так как они непосредственно взаимодействуют с инструментами и технологиями ИИ. Пользователи должны пройти обучение, чтобы понимать, как правильно использовать ИИ, и осознавать потенциальные риски технологии, а также их роль в ответственном использовании. Они также помогают выявлять риски, которые могут возникнуть при работе с моделью, и должны своевременно сообщать менеджерам продуктов о проблемных результатах.

Однако наличие этих четырех ролей само по себе не гарантирует успеха в развертывании и использовании ИИ. Важным фактором является корпоративная культура компании, которые должны четко определять взаимодействие этих ролей на разных этапах жизненного цикла продукта ИИ. Для каждой компании может быть своя вариация обязанностей в зависимости от специфики организации и компетенций сотрудников, при этом важно обеспечить координацию действий всех участников на каждом этапе развертывания ИИ, что является основой для успешной интеграции технологии в бизнес-процессы.

Внешние партнерства

Цифровая революция открывает значительные возможности для компаний, однако многие предприятия сталкиваются с вызовами при выборе направлений для инвестиций в технологии и поиске финансов для поддержки цифровой трансформации. Успешное внедрение новых технологий требует не только ИТ-навыков и знаний в области искусственного интеллекта, но и глубокого понимания бизнес-процессов. Как отмечает Albukhitan (2020), данное сочетание становится критически важным для успешной цифровой трансформации. В этом контексте ключевую роль играют стратегические партнерства с внешними компаниями, обладающими экспертизой в области ИИ и робототехники.

Несмотря на наличие на рынке надежных решений от внешних поставщиков ИТ-услуг, внедрение ИИ сталкивается с рядом препятствий, связанных с его сложностью. Проблема обостряется в условиях недостаточного опыта внутри предприятий, что особенно характерно для малых и средних компаний (МСП), которые не располагают достаточными ресурсами для проведения предварительных тестирований и анализа (Mucha & Seppala, 2020). Исследования Европейского Союза показывают, что лишь 56% МСП достигли базового уровня цифровой зрелости, что подчеркивает острую необходимость в поддержке внешних партнеров (Eurostat, 2022).

Таким образом, сотрудничество с внешними экспертами и разработчиками ИИ становится важнейшим элементом успешной цифровой трансформации. Создание экосистемы, где внешние поставщики услуг, разработчики ИИ и другие партнеры могут совместно разрабатывать адаптированные решения для конкретных бизнес-задач, повышает шансы предприятий на успешное внедрение ИИ. Платформы, облегчающие взаимодействие между компаниями и разработчиками ИИ, играют решающую роль в данном процессе, особенно для тех организаций, которые сталкиваются с нехваткой внутренних ресурсов или навыков для интеграции передовых технологий.

Рассмотрим более подробно внедрение решений на основе искусственного интеллекта в бизнес-процессы малых и средних предприятий (МСП) при помощи внешних партнеров. Выбор этой категории предприятий обусловлен их ограниченными ресурсами для проведения технологической трансформации, что ставит их в уязвимое положение с точки зрения конкурентоспособности в будущем. Как отмечают Meske (2022), среди заинтересованных сторон в процессе внедрения ИИ выделяются такие категории, как менеджеры ИИ, пользователи ИИ, разработчики ИИ, регуляторы ИИ, а также лица, на которых влияют решения, основанные на ИИ. Lima (2020) предлагает структуру, которая связывает и вовлекает всех заинтересованных лиц в развитие ИИ с распределением ответственности за соответствующие элементы системы.

В исследовании Гладыша (Gladysz, 2023) впервые проведена категоризация заинтересованных сторон, в которой выделяются четыре группы: *МСП, разработчики ИИ, центры цифровых инноваций*

(Digital Innovation Hubs, DIH), и сторонники ИИ. Эти группы распределены по матрице "власть-интересы". Центры цифровых инноваций играют ключевую роль в поддержке компаний на всех этапах цифровой трансформации, предоставляя доступ к техническим знаниям и демонстрационным проектам (Gladysz, 2023). Однако осведомленность МСП о возможностях DIH остается низкой, что объясняется опасениями относительно утраты конкурентных преимуществ при передаче знаний на аутсорсинг (Amann, 2022).

DIH способны поддерживать любые предприятия, независимо от уровня их технологической зрелости, предоставляя доступ к техническим знаниям о новых цифровых технологиях, включая программное обеспечение, оборудование и бизнес-модели. Они также предлагают демонстрационные площадки и пилотные проекты. Однако для эффективного взаимодействия с бизнесом DIH необходимо адаптировать свои подходы, минимизировать бюрократические процедуры и использовать понятную для руководителей компаний терминологию, что могло бы улучшить восприятие их услуг. Большинство DIH предоставляют фиксированный набор услуг, однако недостаток гибкости и нехватка экспертизы в области ИИ снижают их эффективность в качестве партнеров для МСП. Партнерство DIH с внешними экспертами, обладающими компетенциями в таких областях, как машинное обучение и робототехника, может восполнить этот дефицит навыков, что повысит их роль в успешном внедрении ИИ в бизнес-процессы предприятий.

Платформа искусственного интеллекта как услуга (AI PaaS) представляет собой форму облачных вычислений, которая предоставляет разработчикам ИИ возможность разрабатывать, развертывать и управлять комплексом, включающим вычислительную платформу и приложения, без необходимости создавать и поддерживать собственную инфраструктуру. Этот подход позволяет компаниям экспериментировать с технологиями ИИ, минимизируя необходимость в значительных первоначальных инвестициях, что особенно важно для малых и средних предприятий (МСП), испытывающих нехватку ресурсов и знаний для самостоятельной разработки ИИ-решений (Elger, 2020). Однако несмотря на потенциал платформ AI PaaS, их существующие решения зачастую не полностью соответствуют потребностям производственных предприятий, что требует дальнейших усовершенствований и сотрудничества с внешними партнерами.

Ключевые направления внедрения ИИ включают повышение качества и планирования, ускоренную обработку данных, выявление аномалий, предиктивное обслуживание, оптимизацию планирования ресурсов и улучшение производственной организации. В этой связи центры цифровых инноваций концентрируют свою деятельность на таких областях, как Интернет вещей (IoT), облачные вычисления, моделирование, большие данные и искусственный интеллект. В то же время технологии блокчейна, смарт-контрактов, человеко-машинных интерфейсов, виртуальной реальности и высокопроизводительных вычислений остаются нишевыми направлениями. С другой стороны, разработчики ИИ уделяют внимание прежде всего алгоритмам машинного обучения, решениям для машинного зрения, интерфейсам человеко-машинного взаимодействия и нейронным сетям для моделирования процессов. Хотя интересы разных участников процесса внедрения ИИ пересекаются, рынок ИИ остается недостаточно зрелым, что подчеркивает необходимость активного поиска взаимовыгодных форм сотрудничества для дальнейшего развития.

Кроме того, текущее состояние ИИ-решений часто приводит к необходимости их переработки или замены из-за неудовлетворительных результатов внедрения. Это подчеркивает важность гибкости платформ для адаптации технологий под конкретные потребности компаний. В этом контексте сотрудничество DIH с платформами, предлагающими решения на основе ИИ, может способствовать расширению деятельности DIH, включая более широкое вовлечение МСП, и повышению их роли в цифровой трансформации бизнеса.

Скептицизм среди персонала компаний, низкая осведомленность о возможностях ИИ и недостаток навыков являются основными препятствиями на пути его внедрения. Следовательно, платформы

ИИ и DIH должны не только предоставлять технологические решения, но и поддерживать образовательные инициативы, направленные на повышение квалификации сотрудников, что поможет снизить сопротивление новым технологиям.

Кроме того, важным аспектом успешного внедрения ИИ является его интеграция с существующей IT-инфраструктурой компаний. МСП часто не обладают достаточными знаниями для оценки технических аспектов ИИ, однако готовы внедрять решения, если их эффективность доказана на практике. В этом контексте DIH могут выступать в качестве связующего звена, помогая компаниям перейти от тестирования к полноценной эксплуатации решений ИИ и обеспечивая их адаптацию к существующим условиям (Jurčić, 2020).

Управление рисками

Ранее в исследовании был рассмотрен широкий круг рисков, связанных с внедрением искусственного интеллекта. Ниже более подробно рассмотрим некоторые из них, имеющие наибольшее воздействие на предприятия.

Для организаций, внедряющих различные сценарии применения ИИ, ключевым шагом является сопоставление потенциальных выгод и рисков, относящихся к каждому сценарию, с учетом основных категорий риска. Это необходимо для оценки их значимости и выбора сценариев, где применение ИИ будет оправданным. Например, сценарии, направленные на взаимодействие с клиентами, такие как использование чат-ботов с генеративным ИИ, могут нести определенные риски, среди которых — предвзятость и дискриминация по признакам пола или расы, вопросы конфиденциальности, связанные с вводом пользователями личной информации, а также риски, связанные с недостоверностью ответов из-за "галлюцинаций" модели или использования устаревших данных.

В процессе реализации цифровой трансформации организациям необходимо учитывать, как внутренние, так и внешние риски, влияющие на этот процесс. Внешняя экосистема включает такие элементы, как доверие и готовность пользователей к новым технологиям, потенциал и экономическая обоснованность выбранной бизнес-модели для конкретного рынка, нормативно-правовая среда, а также наличие квалифицированной рабочей силы в регионе. Эти факторы могут существенно различаться в зависимости от географического положения и отраслевой специфики, что требует систематического мониторинга изменений во внешней среде. Такой мониторинг позволяет принимать взвешенные управленческие решения в условиях внешней неопределенности и внутренних бюджетных ограничений, что способствует успешной реализации трансформационных проектов.

В процессе анализа рисков важно заранее установить критерии их оценки для определения того, какие риски следует считать высокими или средними в рамках различных категорий. В противном случае могут возникнуть внутриорганизационные разногласия, основанные на субъективных суждениях, а не на объективных данных. Например, при оценке рисков, связанных с конфиденциальностью данных, более высокий уровень риска наблюдается в тех случаях, когда пользователям требуется вводить личные или конфиденциальные данные для повышения точности и качества ответов ИИ. Напротив, сценарии с низким уровнем риска предполагают отсутствие необходимости в предоставлении таких данных. В этой логике разработка приложения для финансового консультанта, предоставляющего персонализированные рекомендации, будет сопровождаться более высоким риском в области конфиденциальности данных по сравнению с приложением, автоматизирующим заполнение стандартных шаблонов контрактов.

С цифровой трансформацией очень тесно переплетается вопрос кибербезопасности, который становится все более актуальным в условиях стремительного роста числа кибератак. В 2023 году количество вторжений в облачные системы увеличилось на 75%, что связано с ускоренным переходом бизнеса на облачные платформы (McKinsey, 2023). Образ хакера-одиночки, когда-то характерный для киберпреступности, устарел. В современных условиях киберпреступность превратилась в многомиллиардную индустрию, обладающую сложной институциональной иерархией и значительными ресур-

сами, направляемыми на научные исследования и разработки (НИОКР). Использование злоумышленниками передовых технологий, таких как искусственный интеллект, автоматизация и машинное обучение, позволяет значительно сократить цикл кибератак, снижая время их реализации с нескольких недель до нескольких дней или даже часов.

По данным McKinsey, компании, которые активно инвестируют в кибербезопасность, с большей вероятностью демонстрируют ежегодный рост на уровне не менее 10% (McKinsey, 2023). В исследовании 114 организаций лишь 10% были отнесены к ведущим компаниям, способным противостоять современным киберугрозам. В то время как 90% организаций находились на уровне ниже третьего по шкале зрелости кибербезопасности, ранжированной от нуля до четырёх (Liu, 2024). Основными причинами отставания большинства компаний в области кибербезопасности являются недостаточное финансирование, отсутствие четкой стратегии и неадекватный подход к приоритезации защиты активов на основе оценки рисков. Иными словами, темпы развития киберугроз значительно опережают готовность и возможности большинства организаций к эффективной защите.

Другой ключевой проблемой, с которыми сталкиваются организации при внедрении генеративных языковых моделей, являются *потенциально вредоносные результаты*, которые могут быть сгенерированы этими моделями. Риски усиливаются, когда агенты генеративного ИИ автономно выполняют задачи, используя цифровые инструменты и данные в условиях высокой неопределенности. Например, агент может одобрить кредит с высоким уровнем риска, что приведет к значительным финансовым потерям, либо совершить дорогостоящую, невозвратную покупку от имени клиента.

Для минимизации подобных рисков организациям необходимо внедрять системы подотчетности, четко распределяя ответственность между агентами и людьми, а также обеспечивая прозрачность и объяснимость результатов работы агентов. Это можно реализовать посредством разработки структур управления автономией агентов, например, ограничения их действий в зависимости от сложности задачи. Важным элементом управления рисками также является внедрение механизмов человеческого надзора, таких как проверка результатов перед их реализацией и регулярные аудиты принимаемых решений. Кроме того, использование механизмов прозрачности и отслеживаемости позволяет пользователям лучше понимать процессы принятия решений агентами ИИ. Это способствует выявлению потенциальных угроз на ранних стадиях и позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы, снижая риски, связанные с автономными действиями агентов.

Использование агентов ИИ с доступом к инструментам и данным может нести значительные *риски, особенно в случае их преднамеренного или случайного применения не по назначению*. Например, агенты могут быть использованы для разработки уязвимого программного обеспечения, проведения убедительных фишинговых атак или несанкционированного получения конфиденциальной информации. В условиях потенциально высоких рисков организациям необходимо внедрять защитные меры, такие как контроль доступа и ограничения на действия агентов, с целью минимизации этих угроз.

Ключевой стратегией является создание изолированных сред для функционирования агентов, что позволит ограничить их доступ к определенным инструментам и источникам данных. Дополнительно, для усиления безопасности следует внедрять мониторинг действий агентов в режиме реального времени с применением автоматизированных систем оповещения о подозрительном поведении. Это позволит своевременно выявлять и предотвращать потенциально опасные действия.

Регулярные аудиты и проверки соответствия также играют важную роль в обеспечении того, что внедренные защитные меры остаются актуальными и эффективными в условиях постоянно меняющихся угроз. Такая комплексная система защиты позволит организациям минимизировать риски, связанные с использованием агентов ИИ.

Следующим риском, с которым сталкиваются организации независимо от масштаба и отрасли есть *недостаточное или чрезмерное доверие между человеком и ИИ*. Так же, как и в отношениях с коллегами-людьми, взаимодействие между людьми и агентами ИИ основано на доверии. Если пользо-

ватели не верят в агентские системы, они могут сократить взаимодействие человека с агентом и обмен информацией, которые требуются агентским системам, если они хотят учиться и совершенствоваться. И наоборот, по мере того, как агенты становятся более искусными в подражании человеческому поведению, некоторые пользователи могут оказывать им слишком большое доверие, приписывая им понимание и суждение на человеческом уровне. Это может привести к тому, что пользователи будут некритически принимать рекомендации или предоставлять агентам слишком много автономии без достаточного контроля.

Организации могут управлять этими проблемами, уделяя первостепенное внимание прозрачности принятия решений агентами, обеспечивая обучение пользователей ответственному использованию ИИ и создавая процесс «человек в контуре» для управления поведением агентов. Человеческий надзор за процессами агентов является ключом к обеспечению того, чтобы пользователи сохраняли сбалансированную точку зрения, критически оценивали работу агентов и сохраняли окончательные полномочия и ответственность в действиях агентов. Кроме того, работа агентов должна оцениваться и измеряться через КПЭ путем привязки действий агентов к конкретным результатам (например, удовлетворенность клиентов, показатели успешного завершения задач).

Стратегические риски, такие как влияние искусственного интеллекта на занятость, конкурентоспособность, этические аспекты его использования и концентрация власти, хотя и не являются непосредственными рисками для предприятий, требуют *разработки руководящих принципов и политик ответственного использования ИИ на национальном или международном уровне*. Эти политики должны быть утверждены исполнительным руководством и советом директоров компаний, которые будут определять направления внедрения ИИ и допустимые сценарии его применения.

В рамках таких принципов могут рассматриваться вопросы, касающиеся уровня использования ИИ в персонализированном маркетинге и взаимодействии с клиентами, принятия решений в сфере найма и оценки производительности сотрудников, а также обстоятельства, при которых результаты работы ИИ могут применяться без участия человека. Эти политики должны предусматривать механизмы для обеспечения ответственного использования ИИ, гарантируя прозрачность, подотчетность и соблюдение этических норм. Необходимо регулярно обновлять данные руководящие принципы с учетом технологического прогресса в области ИИ и изменений как во внешней, так и во внутренней среде организаций. Это позволит компаниям адаптироваться к новым вызовам и поддерживать высокий уровень управления рисками, связанными с внедрением ИИ.

Важность стратегических рисков, связанных с искусственным интеллектом, активно обсуждается на глобальном уровне. Так, третий год подряд MIT Sloan Management Review и Boston Consulting Group собирают международную группу экспертов по ИИ, включающую как учёных, так и практиков, с целью изучения внедрения принципов ответственного использования ИИ (RAI) в организациях по всему миру. В 2024 году основное внимание было уделено способности организаций управлять рисками, связанными с ИИ, в свете предстоящего принятия первого всеобъемлющего правового акта — Закона Европейского Союза об искусственном интеллекте.

Экспертам было предложено оценить готовность организаций к выполнению требований Закона ЕС об ИИ, которые начнут поэтапно вступать в силу в течение следующих 12 месяцев. Мнения экспертов разделились: почти половина (47%) не согласилась или полностью не согласилась с тем, что организации готовы к выполнению этих требований, треть (33%) осталась неопределённой, и лишь 20% выразили согласие или полное согласие с данным утверждением. Многие эксперты посчитали, что временной период в 12 месяцев является недостаточным для полноценной подготовки и реализации необходимых мер, особенно для малых предприятий (Renieris, 2024). Этот разделённый консенсус подчеркивает необходимость более активного взаимодействия между государственными и частными структурами для обеспечения готовности к выполнению требований, а также адаптации малых и средних компаний к новым стандартам управления ИИ.

На уровне отдельно взятой страны, в виде примера, можно посмотреть на Соединенные Штаты, которые в контексте роста использования технологий дипфейков представили новый законопроект,

направленный на противодействие распространению вредоносных поддельных медиа. Законопроект также преследует цель защиты журналистов, актеров и художников от незаконного использования их интеллектуальной собственности. Закон о защите происхождения и целостности контента от отредактированных и синтетических медиа (COPIED) вводит федеральные руководящие принципы, направленные на обеспечение прозрачности при маркировке, аутентификации и обнаружении контента, созданного искусственным интеллектом. Он также предусматривает привлечение к ответственности компаний, нарушающих новые правила (Kubera, 2024). В рамках закона COPIED Национальный институт стандартов и технологий (NIST) наделен полномочиями по разработке руководящих принципов и стандартов для отслеживания происхождения информации, применения водяных знаков и выявления синтетического контента. Эти стандарты должны обеспечить прозрачность в вопросах определения того, был ли контент создан или изменен с помощью искусственного интеллекта, а также установить его источник. Дополнительно законопроект предписывает разработку NIST мер кибербезопасности, направленных на предотвращение подделки происхождения контента и нарушение целостности водяных знаков, нанесенных на материалы, созданные AI.

Целесообразность

На ранних стадиях внедрения проектов по искусственному интеллекту, демонстрация быстрых прорывных результатов и тестирование технологии являются достаточными аргументами для обоснования её целесообразности. Однако на более зрелых этапах основным критерием для принятия технологии становится окупаемость инвестиций (ROI), оцениваемая через финансовые показатели, такие как снижение затрат или увеличение доходов. Таким образом, если один из трех типов рентабельности инвестиций — снижение затрат, рост доходов или улучшение качества обслуживания клиентов — очевиден для владельцев бизнеса, вероятность внедрения ИИ существенно возрастает (Haridasan, 2023).

Согласно исследованию MIT и BCG (Ransbotham, 2017), 84% компаний внедряют ИИ для поддержания конкурентных преимуществ, 75% — для выхода на новые рынки, и 63% — для сокращения затрат, что подчеркивает стратегическую роль ИИ в современных бизнес-процессах. Тем не менее, несмотря на стратегические цели, 54% компаний не применяют ИИ: 23% внедрили его на пилотном уровне, 18% — на базовом, и только 5% — на широком уровне (Ransbotham, 2017). Низкий уровень внедрения может быть обусловлен такими факторами, как отсутствие консолидации данных, технологические сложности, риски кибербезопасности, а также трудности, связанные с моделированием и взаимодействием людей и ИИ в бизнес-процессах (Borah, 2022; Cheatham, 2019).

В соответствии с исследованием Иванова и Вебстера (2017), затраты на внедрение искусственного интеллекта существенно варьируются как в финансовом, так и в нефинансовом аспектах, что обуславливает необходимость тщательной оценки менеджерами соотношения этих затрат с потенциальными выгодами до принятия инвестиционных решений. Согласно данным опроса, проведенного Синглой (2024), впервые была исследована ценность, создаваемая применением генеративного ИИ в различных бизнес-функциях. Наиболее значительное снижение затрат респонденты отметили в области управления человеческими ресурсами, при этом существенный прирост доходов (более 5%) зафиксирован в цепочках поставок и управлении запасами. Экономические выгоды от аналитического ИИ наиболее часто наблюдаются в секторе услуг. Кроме того, выявлено значительное увеличение доходов от применения ИИ в маркетинге и продажах. В зависимости от сложности применяемых технологий используются различные уровни искусственного интеллекта и робототехники — от выполнения рутинных задач до более сложных функций. На уровне отдельной компании достижение положительного воздействия генеративного ИИ на финансовые показатели требует тесного взаимодействия между отделами управления персоналом, финансов, правовыми службами и управления рисками для постоянной адаптации стратегий распределения ресурсов и ожиданий по производительности.

Для обеспечения эффективного и ответственного внедрения искусственного интеллекта в компаниях необходимо учитывать, как минимум, два ключевых аспекта. Во-первых, важно систематически критически оценивать используемые технологии, выявляя их уязвимости и ошибки, чтобы минимизировать риски и улучшить качество решений на основе ИИ. Во-вторых, необходимо активно исследовать возможности синергии между человеческими ресурсами и технологиями, что позволит достичь прорывных результатов, когда совместное воздействие превосходит простую сумму индивидуальных вкладов. Например, в здравоохранении ИИ успешно применяется для ранней диагностики сложных сердечно-сосудистых заболеваний, дополняя, а не заменяя квалифицированную работу врачей (Aslan, 2024). Аналогичным образом в сельском хозяйстве интеграция ИИ и Интернета вещей (IIoT) способствует автоматизации процессов, повышая производительность и устойчивость хозяйств (Kazi, 2024).

Целесообразность внедрения ИИ в бизнес-процессы компаний заключается в том, что такие меры могут повысить эффективность и конкурентоспособность, однако они также требуют учёта человеческого фактора. По мере того как компании продолжают внедрять ИИ и сопутствующие технологии, роль сотрудников не уменьшается, а скорее приобретает новое значение в контексте адаптации и взаимодействия с инновациями. Внедрение ИИ требует пересмотра подходов к планированию, организации и контролю операционной деятельности, а также понимания того, как сотрудники реагируют на новые технологии. Страх перед изменениями и восприятие технологий Четвёртой промышленной революции как угрозы своим рабочим местам — это естественная реакция на технологические изменения. Например, в ряде подразделений гостиничного бизнеса автоматизация процессов с применением ИИ может привести к замене человеческого труда (Hospitalitytech, 2017), что вызывает опасения среди сотрудников.

Следует отметить, что даже проекты, прошедшие тщательную оценку целесообразности, получившие значительные инвестиции и успешно внедрённые, часто сталкиваются с трудностями в масштабировании (Kesari, 2024). Основные причины этого могут заключаться в недостаточной интеграции ценности искусственного интеллекта в мировосприятие сотрудников и их повседневную деятельность:

- Большинство инициатив воспринимаются как чисто технологические проекты. Зачастую они начинаются как инициативы в области науки о данных или под техническими названиями, такими как проект предиктивной аналитики. Это может приводить к отчуждению бизнес-команд, поскольку слабая связь с бизнес-пользователями затрудняет решение наиболее актуальных проблем или задач предприятия.

- Сопротивление пользователей изменениям в рабочих процессах является значительным препятствием. Люди часто предпочитают устойчивость привычным подходам, что создаёт инерцию, особенно опасную для аналитических инициатив, связанных с изменениями в бизнес-процессах или методах принятия решений. Данное сопротивление усугубляется страхом потери рабочих мест в связи с внедрением ИИ, что является актуальной социальной и психологической проблемой в условиях современной технологической трансформации.

- Также возникает сложность в демонстрации рентабельности инвестиций (ROI) в аналитику. Несмотря на высокую эффективность данных, бывает трудно приписать конкретные бизнес-результаты аналитическим усилиям. Множество факторов может влиять на рост доходов или снижение затрат, что затрудняет однозначную атрибуцию успеха к решениям, основанным на данных. В результате, неспособность количественно оценить рентабельность аналитических инициатив может привести к снижению интереса к проектам, к утрате мотивации со стороны руководителей проектов и, в конечном итоге, к сокращению финансирования.

- Вместо попыток использовать часть существующего технологического бюджета на разработку пилотных проектов с целью проверки новой языковой модели, которые, как правило, имеют ограниченное воздействие и невысокий потенциал для масштабирования, более целесообразным является

непосредственное определение ключевых заинтересованных сторон в бизнес-функциях. Важно выявить их приоритеты и болевые точки, а затем продемонстрировать этим группам ценность комплексного проекта на основе искусственного интеллекта, который решает их конкретные потребности. Таким образом, *целесообразность внедрения ИИ должна быть чётко обоснована с учётом потребностей и приоритетов каждого из ключевых стейкхолдеров.*

Кроме внутренней поддержки, необходимой для успешного внедрения ИИ, важным фактором является заручиться союзниками среди клиентов. Клиенты играют значительную роль в принятии новых технологий, и их влияние можно разделить на два ключевых аспекта: готовность клиентов и качество обслуживания. Готовность клиентов, как правило, зависит от возраста, культурных особенностей и технологической грамотности, поэтому компаниям необходимо тщательно определить, какие типы ИИ и робототехники они могут предложить своим целевым аудиториям. Что касается качества обслуживания, ИИ способен предоставлять персонализированные услуги, используя аналитику для прогнозирования потребностей клиентов на основе их профилей, что помогает максимизировать удовлетворённость и повысить эффективность взаимодействия с клиентами. Для оценки успеха ИИ-проектов также важно понимать, как технологии могут способствовать, например, увеличению доли клиентских расходов на продукты компании или снижению затрат на их создание.

Успешная интеграция ИИ в бизнес-процессы требует подхода, ориентированного на глубокое понимание потребностей всех заинтересованных сторон – как внутренних, так и внешних. Каждый проект внедрения ИИ должен иметь чётко обоснованную целесообразность, что позволит наглядно продемонстрировать его ценность ключевым пользователям и стейкхолдерам. Эффективность ИИ-инициатив напрямую зависит от взаимодействия между функциональными подразделениями, что требует внесения изменений в организационные структуры, процессы планирования и контроль операционной деятельности. Определение приоритетов и решение ключевых задач, как для бизнеса, так и для клиентов, является необходимым условием для достижения значительных результатов. Помимо оценки таких финансовых показателей, как рентабельность инвестиций, необходимо также уделять внимание обоснованию целесообразности ИИ-проектов, что существенно увеличивает шансы на их успешное масштабирование и интеграцию в повседневную деятельность компании.

Измеримость преобразований

Понимание процесса цифровой трансформации может оказаться более сложным, чем предполагается на этапе планирования и разработки проекта. Без надлежащего отслеживания и измерения результатов управление производительностью становится затруднительным, а гарантии создания реальной ценности изменений ослабевают. Уже на начальных этапах внедрения целесообразно определить ключевые показатели успеха и объединить команду вокруг их достижения (Majeed, 2023; Mariam, 2022). Оптимальным моментом для установления этих критериев является этап оценки идеи проекта. При расстановке приоритетов важно чётко определить ожидаемые бизнес-результаты, методы измерения успеха и необходимые данные для расчета рентабельности инвестиций (ROI). В некоторых случаях доступ к необходимым данным может быть ограничен, что может потребовать проведения нового сбора обратной связи от клиентов или разработки альтернативных метрик для оценки производительности сотрудников.

В контексте цифровых преобразований ключевые показатели эффективности (KPI) играют важную роль в измерении успеха и достижения стратегических целей компании. Обычно они применяются для оценки следующих категорий:

1. *Создание ценности.* Цифровые решения обычно ориентированы на один или несколько операционных KPI, которые могут быть переведены в переменные стратегического результата, такие как доход или прибыль.
2. *Операционные факторы.* Эти переменные оказывают непосредственное влияние на стратегические результаты и включают такие показатели, как уровень цен, отзывы потребителей или посещаемость веб-сайта.

3. *Контекстуальные факторы.* Внешние переменные, находящиеся вне контроля компании, такие как прогнозы потребительских расходов, международные перевозки или государственное регулирование, также оказывают влияние на результаты трансформации и могут быть измерены с помощью внешних данных.

4. *Здоровье команды.* Задержки в реализации цифровых преобразований часто обусловлены нехваткой ключевых навыков, таких как управление продуктом или проектирование пользовательского опыта, а также отсутствием современных методов работы, например, Agile, что замедляет процесс внедрения изменений.

5. *Прогресс в управлении изменениями.* Эти показатели оценивают успех в создании новых возможностей и общее состояние трансформации. Например, если мобилизация команд не происходит в запланированном темпе, а вовлеченность сотрудников остаётся на низком уровне, это может негативно сказаться на использовании новых технологий и инструментов.

Цель разработки KPI для оценки успешности проекта цифровой трансформации заключается в более глубоком понимании причинно-следственных связей между внешними факторами (п. 3) и операционными (п. 2), а также между операционными факторами и созданием ценности (п. 1). В результате этих усилий могут возникнуть новые показатели или уточненные версии существующих KPI, что позволяет выявить более точные причинно-следственные связи между ними. Таким образом, основная цель заключается в создании более надёжных и динамичных опережающих индикаторов стратегических результатов.

Использование настраиваемых приложений и дашбордов в качестве инструментов измерения цифровой трансформации на основе актуальных данных в производственных операциях представляет собой важный шаг в повышении прозрачности и эффективности. Эти решения позволяют как руководству, так и рядовым сотрудникам не только видеть результаты своей работы, но и оценивать её вклад в создание общей ценности для компании. Внедрение таких платформ способствует лучшему пониманию операционных процессов и помогает идентифицировать ключевые области для улучшения и оптимизации.

Несмотря на то, что проекты цифровой трансформации расширяют доступ всех сотрудников к данным, но доступ к данным не означает автоматическое обладание необходимой информацией, которая будет полезна для решения задач. Рабочие на производстве могут иметь инструменты для точного анализа производительности оборудования (через датчики) при выпуске различных продуктов, однако это не даёт им понимания, как оптимизировать производственные процессы и повысить прибыльность. Это понимание может быть только у руководителей, за пределами рабочего цеха. Поэтому важно стратегические цели организации интегрировать в производственные операции, чтобы каждый рабочий понимал свое место в достижении стратегических целей.

Задача компаний заключается в создании универсальных платформ, которые могут применяться на различных уровнях производственных процессов. Эти платформы должны обеспечивать доступ к приложениям, охватывающим весь спектр операций — от мониторинга состояния оборудования и планирования заказов на техническое обслуживание до генерации стратегических идей для долгосрочного планирования производства. Настраиваемые дашборды позволяют в режиме реального времени отслеживать ключевые показатели производительности (KPI), предоставляя сотрудникам возможность принимать обоснованные решения и оперативно реагировать на изменения. Такой подход способствует более целостной и эффективной цифровой трансформации, где каждый участник процесса может видеть не только текущее состояние операций, но и осознавать ценность, которую создаёт их работа, что, в свою очередь, повышает мотивацию и вовлеченность сотрудников.

Исключительная фокусировка на текущих показателях, таких как финансовые или операционные, безусловно, важна для мониторинга эффективности на краткосрочном этапе, однако она не охватывает всех аспектов процесса цифровой трансформации. Часто упускается из виду ключевой фактор — способность организации к долгосрочной адаптации и развитию. Цель трансформации не сводится

только к реализации краткосрочных инициатив, но включает в себя создание устойчивой способности компании гибко реагировать на изменения внешней среды и внутренние вызовы.

Для достижения этой цели необходимо отслеживать не только текущие показатели, но и динамику их изменений во времени. Это позволяет выявить, насколько эффективно изменяются компетенции, возможности, организационная культура, а также скорость и качество процессов и принимаемых решений. Такие показатели являются индикаторами долгосрочной устойчивости компании в условиях цифровой трансформации. Мониторинг этих метрик способствует оценке, насколько глубоко и устойчиво трансформация интегрирована в бизнес-модель организации, и позволяет скорректировать стратегии в случае, если адаптация происходит медленнее, чем ожидалось. Таким образом, обеспечение не только краткосрочных результатов, но и устойчивого роста и способности к изменениям становится важной частью цифровой трансформации.

Интеллектуальные KPI. Знать, что именно измерять, — это лишь половина задачи в процессе цифровой трансформации. В дополнение к использованию стандартных метрик всё больше компаний внедряют механизмы контроля самого процесса разработки и внедрения ключевых показателей эффективности (KPI). Это позволяет сделать KPI интеллектуальными и превратить их из простых измерений в источники стратегической дифференциации и создания дополнительной ценности для предприятий.

Примером такого подхода является компания Schneider Electric, которая делает значительные финансовые и нефинансовые инвестиции в исследование способов повышения как производительности, так и качества самих показателей (Schrage, 2024). Согласно исследованиям, 60% менеджеров считают необходимым улучшение существующих KPI, однако лишь треть (34%) использует искусственный интеллект для разработки новых KPI. Эти данные свидетельствуют о том, что пересмотр KPI с применением ИИ часто приводит к трансформации не только в их дизайне, но и в согласовании организационного поведения с достижением стратегических целей. Укрепление этого стратегического согласования становится одновременно и целью, и результатом использования интеллектуальных KPI.

Интеллектуальные KPI обладают преимуществами перед традиционными метриками. Они не только лучше описывают текущую и прошедшую производительность, но также более точно прогнозируют будущие результаты и предлагают практические рекомендации для достижения желаемых целей. Эти KPI делятся на три категории: описательные, прогнозные и предписывающие, что соответствует известным видам аналитики: описательной, прогнозной и предписывающей. В то же время, учитывая сложное взаимодействие различных факторов производительности, для эффективного управления необходимо не только иметь лучшие ключевые показатели эффективности (KPI), но и понимать взаимосвязи между ними. Например, могут быть выявлены скрытые или неочевидные связи, такие как влияние производительности сотрудников на вовлеченность клиентов, или корреляции между размером прибыли и долей рынка. Генеративный искусственный интеллект оказывается особенно эффективным в выявлении таких взаимосвязей, предоставляя компаниям более глубокое понимание факторов, влияющих на их успех.

Одним из важных аспектов эффективного управления является наличие группы надежных макро-KPI, которые помогают сбалансировать краткосрочные выгоды отдельных бизнес-направлений с долгосрочными стратегическими целями. Такие макро-KPI обеспечивают более целостный подход к управлению, позволяя компаниям избежать ситуации, когда усилия по увеличению краткосрочной прибыли негативно влияют на общее качество обслуживания клиентов или подрывают устойчивый рост компании. Макро-KPI регулируют внутренние процессы, помогая организации оставаться на пути к долгосрочным целям, не жертвуя стратегической целесообразностью ради немедленных результатов.

Платформы KPI на основе ИИ. Таким образом, внедрение ИИ для анализа и установления взаимосвязей между показателями не только повышает точность прогнозов, но и способствует лучшему

управлению бизнесом, обеспечивая более сбалансированный подход к краткосрочным и долгосрочным целям компании. Примером такой сбалансированности есть платформы KPI на основе ИИ, которые также могут способствовать стратегическому согласованию всей организации за счет улучшения качества связи между различными процессами и их исполнителями.

Примером успешного применения такой платформы является французская фармацевтическая компания Sanofi, где около 10 000 руководителей получают доступ к своим данным KPI через приложение «Plai», которое использует ИИ для связи внутренних данных с персонализированной информацией и создания прогнозов на основе сценариев «Что, если...?» (Schrage, 2024). Эта платформа позволяет менеджерам более эффективно координировать свои действия, связывая различные подразделения компании, и согласовывать планы на основе актуальных данных и прогнозов.

Платформы KPI на базе ИИ не только упрощают доступ к данным, но и помогают принимать более обоснованные решения, предсказывая результаты различных сценариев. Это способствует выстраиванию более тесной связи между операционными и стратегическими целями организации. В конечном итоге такие платформы способствуют улучшению взаимодействия между руководителями и исполнителями, что является важным фактором для успешной реализации долгосрочных стратегий компании.

Чтобы достичь максимального эффекта от внедрения интеллектуальных KPI, необходимо выполнить следующие 3 шага. Во-первых, согласовать структуру данных и возможностей управления данными с конкретными KPI, такими как пожизненная ценность клиента (CLV), новый регулярный доход и опыт сотрудников. Наборы данных не должны управляться отдельно от KPI, которым они непосредственно или косвенно способствуют. Управление данными должно идентифицировать и маркировать данные, которые одновременно описывают производительность и служат основой для ее измерения. Во-вторых, обеспечить контроль и понимание со стороны распорядителей данных и владельцев данных. Управление метаданными — это намеренное определение данных о данных, что гарантирует, что интеллектуальные KPI с прогнозными и предписывающими возможностями точно фиксируют, анализируют и улучшают критерии превосходства производительности. И в-третьих, улучшить меж-функциональное управление данными.

Определение новых или улучшенных показателей производительности с использованием машинного обучения требует экспериментирования. Для этого безопасным и эффективным решением может стать использование цифровых двойников, которые, будучи виртуальными моделями, отражают реальные системы. Эти "песочницы" уже применяются для разработки интеллектуальных KPI. Комплексное картографирование бизнес-процессов также имеет ключевое значение для создания цифровых двойников, которые точно отражают сценарии реального мира, что значительно повышает адаптивность системы показателей к реальным бизнес-сценариям и условиям. Интеллектуальные KPI на сетевом предприятии могут помочь согласовать стратегические цели с соответствующими показателями, однако для их разработки также необходимо согласование людей, процессов и технологий. В целом, для реализации умных KPI требуется разработка собственных стратегий и тактик.

Выводы. Применение искусственного интеллекта и робототехники в бизнес-процессах уже демонстрирует значительные стратегические и операционные выгоды, но их успешная интеграция требует ориентирования на долгосрочную стратегию, а не на краткосрочные результаты. Компании, которые рассматривают ИИ как часть своего стратегического планирования, имеют возможность создать устойчивое конкурентное преимущество. Это предполагает регулярное пересмотр цифровой стратегии с учётом развития технологий, что позволяет компаниям не только улучшать клиентский опыт, но и создавать уникальные ценностные предложения для своих целевых рынков.

Внедрение ИИ для успешного функционирования компании должно концентрироваться на создании добавочной ценности для клиентов, а не только на повышении эффективности. Развитие генеративного ИИ позволяет существенно трансформировать взаимодействие с клиентами, включая самообслуживание и разработку новых продуктов, что повышает лояльность и доверие к бренду. Долго-

срочная эффективность использования ИИ во многом зависит от готовности компании пересматривать свои бизнес-модели и ценностные предложения, адаптируясь к изменениям в отрасли и предпочтениям клиентов.

Успешное внедрение ИИ требует качественной и стандартизированной базы данных, прозрачности и объяснимости решений, принятых на основе ИИ. Компании должны уделять особое внимание качеству данных на всех этапах процесса, начиная с их сбора и заканчивая использованием в реальных условиях. Примеры из различных отраслей, таких как фармацевтика и банковское дело, подтверждают, что успешная реализация ИИ-проектов требует тесного взаимодействия с бизнес-заказчиками и непрерывного цикла обратной связи, что помогает организациям адаптироваться к технологическим изменениям и улучшать свои бизнес-процессы на основе данных.

С расширением применения ИИ возрастает потребность в этическом использовании технологий. Прозрачность и подотчетность алгоритмов ИИ становятся важными аспектами как для компаний, так и для общества. Внедрение строгих регулятивных рамок, ориентированных на минимизацию рисков и управление этическими аспектами ИИ, особенно важно в контексте предотвращения предвзятости моделей и обеспечения кибербезопасности. Компании должны развивать доверие сотрудников к ИИ, обеспечивая надежный человеческий контроль и механизмы отслеживания автономных действий систем ИИ.

Для успешной цифровой трансформации необходима системная интеграция интеллектуальных KPI, которые включают предсказательные и предписывающие компоненты, обеспечивая точное отслеживание и прогнозирование эффективности проектов. Такие метрики позволяют выявлять взаимосвязи между операционными и стратегическими факторами и принимать более обоснованные управленческие решения.

4.6. Дорожная карта цифровой трансформации

Существует ряд исследований, направленных на анализ и предоставление рекомендаций по проведению цифровой трансформации. Например, разработана концептуальная модель внедрения искусственного интеллекта для малых и средних предприятий (Bettoni, 2021), которая отличается легкостью применения и достаточной детализированностью для предоставления релевантной информации и рекомендаций. Кроме того, в некоторых работах обсуждаются проблемы, с которыми сталкиваются производственные МСП при внедрении цифровых технологий (Ghobakhloo, 2019), а также общие вызовы, стоящие перед МСП в контексте индустриальной революции 4.0 (Matt, 2020). Однако, в свете выхода в ноябре 2022 года и последующего развития систем генеративного искусственного интеллекта, возникает необходимость пересмотра существующих подходов, уделяя особое внимание эволюции человеческих ресурсов и организации взаимодействия между людьми и ИИ.

Для успешного внедрения искусственного интеллекта или других прорывных технологий на предприятии ключевым фактором выступают организационные изменения. Традиционно крупные компании сосредотачивались на совершенствовании и оптимизации процессов, ориентированных на массовое производство, как, например, в автомобильной промышленности. Однако в современных условиях значительная часть стандартных операций уже автоматизирована, и оставшиеся задачи становятся все более уникальными, требующими нестандартного подхода. Проблема заключается в том, что большинство промышленных организаций имеют структуру, не приспособленную для эффективного выполнения таких нестандартных задач, что ограничивает их способность адаптироваться к скорости изменений, необходимых для внедрения инноваций (Misljencevic, 2024).

Для эффективного использования технологических возможностей требуется проведение взаимодополняющих изменений, которые интегрируют организационные преобразования, процессы и технологии. Этот процесс предполагает осуществление концептуальных переходов в организации труда и управлении деятельностью, что позволяет компании более гибко реагировать на вызовы и возможности цифровой трансформации.

1. От совершенствования процессов, ориентированных на выполнение повторяющихся задач, к внедрению принципов улучшения в гибкую проектную работу, которая позволяет трансформировать уникальные задачи в повседневную практику.

Массовое производство стандартизированных продуктов долгое время являлось архетипом современного предприятия. Стандартизация продукции способствовала стандартизации процессов, что достигло своего апогея в системах управления, таких как бережливое производство, основанных на детализированной кодификации «стандартной работы». Однако современный контекст значительно изменился: автоматизация и генеративный искусственный интеллект берут на себя все больше задач, которые ранее выполнялись людьми. В результате человеческая работа все больше концентрируется на «специальных проектах», которые ранее составляли лишь 10-20% от ежедневных обязанностей. Таким образом, то, что раньше считалось исключением, теперь становится частью повседневной рабочей рутины, что требует пересмотра подходов к управлению и организации труда.

2. От контроля и стандартизации к расширению полномочий сотрудников, предоставляя им автономии и доступ к необходимой информации, часто основанной на данных цифровых следов;

3. От накопления экспертных знаний в специализированных подразделениях к распространению этих знаний среди всех заинтересованных сотрудников через цифровые платформы, что дает возможность использовать доступные инструменты для разработки персонализированных клиентских решений;

4. От владельцев процессов к реинжинирингу процессов, где вместо совершенствования существующих схем работы менеджеры постоянно переосмысливают и перепроектируют процессы с учетом актуальных технологий;

5. От узкоспециализированного обучения к быстрому развитию необходимых навыков у широкого круга сотрудников;

6. От создания внутренних подразделений к формированию полноценной экосистемы, предусматривающей переосмысление моделей взаимодействия между сотрудниками и партнерами организации.

Эти изменения направлены на повышение гибкости и адаптивности организации в условиях стремительных технологических преобразований. В связи с этим разработка дорожной карты цифровой трансформации требует особого подхода, который сочетает традиционные методы бизнес-планирования, стратегического управления и управления изменениями с новейшими тенденциями в использовании искусственного интеллекта. Такой подход должен учитывать как возможности ИИ для дополнения человеческой когнитивной деятельности, так и потенциал его частичной или полной замены в ряде процессов.

На нулевом, или предварительном этапе дорожной карты цифровой трансформации необходимо создать межфункциональную команду или штаб масштабирования, включающий руководителей функциональных подразделений компании, специалистов по данным, а также экспертов в области правовых и этических вопросов. Основной задачей этой команды является разработка будущей цифровой бизнес-модели. Дополнительными задачами штаба являются определение ключевых бизнес-областей, где внедрение новых технологий окажет наибольшее воздействие, а также разработка механизмов мониторинга эффективности работы технологий в рамках новой бизнес-модели. Важно точно определить, в каких случаях технологии могут радикально трансформировать отрасль или нарушить существующую цепочку создания стоимости, а также когда их внедрение обеспечит компании стратегические преимущества, способствуя её долгосрочной конкурентоспособности.

Кроме того, данный этап должен включать разработку и утверждение политики по применению новых технологий. Компаниям предстоит выбрать подход: либо занимать выжидательную позицию и ограничиваться пилотными проектами до более явного развития технологий, либо стремиться к лидерству в отрасли, активно инвестируя в создание новой бизнес-модели.

Следующим шагом нулевого этапа является определение критериев для выбора *целевых вариантов использования* новых технологий и расстановка приоритетов среди различных сценариев применения технологий. Важно определить, где в реальных бизнес-условиях будет использоваться разработанная модель ИИ и как долго можно будет получать преимущества от использования модели, и где границы ее применения. Параллельно, необходимо планировать создание эффективной экосистемы партнеров, сообществ и платформ. В процессе планирования следует определить, какие функции и задачи будут переданы на аутсорсинг, а какие останутся внутри компании. Важно учесть текущий уровень навыков сотрудников и возможность их развития или привлечения новых специалистов в установленные сроки.

Наконец, особое внимание должно быть уделено юридическим и общественным аспектам цифровой трансформации. Компания должна соблюдать правовые и социальные нормы и стандарты, чтобы поддерживать доверие всех заинтересованных сторон в процессе трансформации.

После решения всех вышеперечисленных вопросов нулевого этапа, реализации проекта цифровой трансформации будет проходить по классическому пути реализации большинства ИТ проектов разного масштаба. Первый этап состоит в составлении исчерпывающего перечня всех бизнес-процессов, которые касаются выбранных на нулевом этапе вариантов использования технологий ИИ. После этого необходимо провести упрощенное, но четкое описание каждого бизнес-процесса, акцентируя внимание на клиенте (внешнем или внутреннем), производимых продуктах каждого бизнес-процесса, их качественных характеристиках, поставщиках и также на требованиях к ресурсам, которые поставляют поставщики.

На следующем этапе производится ранжирование бизнес-процессов для определения приоритетов их изменения с учетом добавления технологий искусственного интеллекта. Важными критериями для анализа служат: значимость продуктов для развития и выживания бизнеса; их востребованность со стороны клиентов; частота выполнения процесса, вариабельность ресурсов на входе и продуктов на выходе; сложность процесса и его ресурсоемкость (себестоимость, количество занятых людей, оборудования, энергии); уровень текущей и потенциальной автономности; а также возможности дополнительной автоматизации с применением ИИ. Критически важными показателями также выступают масштаб возможного эффекта от автоматизации, включая снижение себестоимости, высвобождение ресурсов и рост производительности, а также потребность в обучении или найме новых сотрудников для поддержки изменений.

Далее проводится оценка информационных систем, требующих модификации с целью интеграции технологий искусственного интеллекта. На основе анализа бизнес-процессов отбирается 20% наиболее перспективных для внедрения ИИ. Для каждого из них оцениваются затраты на реализацию (сроки, финансовые вложения, занятость персонала), ожидаемый эффект (дополнительный доход, производительность, экономия затрат) и окупаемость проекта с учетом дисконтирования. Затем происходит ранжирование проектов на основе оценки затрат и эффектов, а также проверяется наличие инвестиций и компетентных менеджеров для реализации. Исходя из этих данных, формируется план создания информационных систем, где закрепляются ответственные менеджеры и ресурсы.

На финальных этапах план согласовывается с ключевыми заинтересованными сторонами — сотрудниками, клиентами, акционерами и другими, — чтобы заручиться их поддержкой. Далее начинается непосредственная реализация изменений, включая проектирование, разработку, тестирование и внедрение автоматизированных решений. Важным компонентом является создание системы контроля реализации плана, которая включает КПЭ, отчетность и комитет для систематического мониторинга прогресса. Завершающим этапом является обучение сотрудников результатам автоматизации, включая обучение их взаимодействию с ИИ-агентами, что обеспечит успешную интеграцию изменений в ежедневную деятельность компании.

Рассмотрим ключевые аспекты, которым помогут сделать дорожную карту эффективной.

Создание штаба масштабирования с необходимыми полномочиями в сфере приобретения продуктов и предоставления доступа к ним на раннем этапе проекта является ключевым фактором

успешной цифровой трансформации. Одними из важнейших задач этого штаба будут разработка и внедрение протоколов и стандартов для поддержки масштабирования, управление рисками и контроль затрат. Работа штаба может включать приобретение моделей искусственного интеллекта и определение способов эффективного доступа к ним, разработку стандартов готовности данных, а также тактическое распределение ресурсов для оптимальной интеграции технологий. Такой подход обеспечивает устойчивость процесса трансформации и позволяет контролировать его эффективность и рентабельность на всех этапах.

При определении ключевых областей бизнеса, где внедрение новых технологий окажет наибольшее воздействие важно осознать, что большая часть краткосрочной ценности ИИ тесно связана с его способностью помогать людям лучше выполнять свою текущую работу. В этом случае, инструменты генеративного ИИ действуют как вторые пилоты, которые работают бок о бок с сотрудником, например, создавая начальный блок кода, который разработчик может адаптировать, или составляя заказ на новую деталь, которую должен выполнить специалист по техническому обслуживанию. Это означает, что компаниям следует учитывать, где технология второго пилота может оказать наибольшее влияние и получить доход за счет повышения производительности.

При комплектации компании необходимыми навыками следует четко определить, какие навыки необходимо улучшить. Для решения этой задачи следует использовать матрицу знаний и навыков, описанную в пункте 3.6. данного исследования. К настоящему времени большинство компаний имеют хорошее представление о необходимых им технических навыках искусственного интеллекта, таких как точная настройка моделей (model fine-tuning), администрирование векторных баз данных (vector database administration), проектирование запросов (prompt engineering) и контекстное проектирование (context engineering). Во многих случаях это навыки, которым можно обучить существующий персонал. Чтобы достичь достойного уровня компетентности процесс обучения может занять от нескольких месяцев до полугода.

Важным вопросом также есть *повышение доверия к моделям среди сотрудников организации*. Для внедрения ИИ языковых моделей в бизнес среду, необходимо, чтобы ответами можно было пользоваться без вреда для бизнеса. Но опасения, связанные с такими проблемами, как предвзятость, неточность и нарушения безопасности, становятся серьезными, ограничивая возможности повсеместного внедрения этих моделей. Без должного понимания моделей ИИ и их ограничений пользователи могут слишком доверять контенту, созданному ИИ (Renée Gosline, 2024). Поэтому, ключевым аспектом этого процесса является необходимость инвестирования дополнительного времени и ресурсов для формирования доверия, обеспечивая точность модели и упрощая проверку её ответов. Эффективным решением может стать выпуск моделей в сопровождении документации, которая подробно описывает их эксплуатационные характеристики и область применения. *Документирование решений* на основе искусственного интеллекта и обоснование их использования может быть особенно полезным в взаимодействиях с регулирующими органами.

Этап технологической реализации включает настройку технологической архитектуры для масштабирования. Построение модели искусственного интеллекта является сравнительно несложной задачей, однако обеспечение её полноценной работоспособности в масштабах предприятия представляет собой значительно более сложный процесс. Реальная стоимость создания модели может составлять менее 10%–15% от общей стоимости продукта и внедренного решения. (Lamagge, 2024). Также следует особое внимание уделить обеспечению качества данных, в том числе неструктурированных данных компании.

Способность бизнеса генерировать и масштабировать ценность моделей ИИ будет зависеть от того, насколько хорошо он использует свои собственные данные, при этом данные должны соответствовать критериям их отбора, то есть братья не все, которые можно получить, а лишь те, которые были запланированы к получению. Таким образом, должен быть понятен план и путь отбора необходимых данных. Если определенные данные не получены и есть пробелы, то должен быть разработан

план как будет закрываться этот пробел и решаться проблемы в модели ИИ, которые спровоцирует этот пробел в данных.

Необходимо запланировать получение будущих данных, при этом данные не должны браться из обучающей выборки, но они должны максимально быть соответствующими той реальности, в которой модель ИИ будет работать. Важно запланировать критерии и систему оценки будущих данных, прежде чем эти данные будут использованы текущей моделью ИИ или использованы для обновления модели. Важно, чтобы у разработчиков моделей был план контроля, который предотвратит или, по крайней мере, обеспечит раннее предупреждение об изменениях в будущих данных или плохой производительности модели. Не менее важно определить, какие могут быть основные риски при развертывании модели (потенциальных сбоев, связанных с технологиями, людьми, качеством данных, изменениями в окружающей среде и другими проблемами) и каков план по смягчению или не допущению этих рисков.

Одна из значимых проблем проектов внедрения ИИ заключается в том, что *модели часто не оправдывают ожиданий и вложенных в них усилий*. Специалисты по данным любят создавать модели, которые идеально подходят для их данных, но этого недостаточно, чтобы гарантировать их использование в бизнесе. Развертывание, то есть запуск моделей в производство, обычно требует ряда других действий, включая работу с заинтересованными сторонами, интеграцию модели с существующими ИТ системами, изменение бизнес-процесса, повышение квалификации пользователей прочее. Исследования показывают, что у компаний возникли проблемы с получением экономической выгоды от своих инвестиций в ИИ во многом по причине недостаточности или качества данных. (Davenport, Bean. 2022).

Происходит *системная смена роли лидера*: вместо управления людьми с похожей подготовкой в одной бизнес-функции, лидеры проектов должны координировать экспертов с глубокими знаниями в различных областях. Таким образом, задачи лидеров заключаются в управлении командой как целостной единицей, поддержке членов группы в реализации их желаний, предотвращении и решении возникающих проблем, а также в содействии лучшему сотрудничеству между участниками. В конечном итоге, роль лидера становится схожей с ролью психолога, который занимается целеполаганием и достижением поставленных целей.

Не только меняется роль лидера, но и *меняется все взаимодействие сотрудников в направлении изменения полномочий и ответственности на разных уровнях*. Проблема в том, что многие организации, которые пытались расширить полномочия сотрудников, потерпели неудачу и, таким образом, вернулись к центральному контролю. Правильное наделение полномочиями требует баланса: предоставление работникам независимости, необходимой для эффективного выполнения операционных задач, и в то же время жестко предписывающее, какие цели должны быть достигнуты с учетом сроков и ожидаемого качества результата. Наделение полномочиями предполагает, что сотрудники должны быть достаточно опытны для решения необходимых задач и соответственно мотивированы.

В результате, *независимость исполнителей должна проявляться в нескольких ключевых областях*. Во-первых, они должны иметь возможность самостоятельно выбирать способы достижения целей, разбивать задачи на этапы и осуществлять самоконтроль в их выполнении. Во-вторых, рабочие коммуникации в рамках команды и с экспертами из других команд должны осуществляться без ограничений. В-третьих, исполнители должны иметь возможность быть коучами или учиться без каких-либо ограничений. В-четвертых, они должны иметь свободу в получении данных из любых источников, как внутри, так и вне организации, для выполнения поставленных задач. В-пятых, исполнители должны иметь возможность самостоятельно определять темп, место и время работы в рамках установленных дедлайнов проекта.

При этом важна подотчетность и следование определенным правилам. Исполнители должны понимать и следовать общей миссии организации, а также конкретного продукта или проекта, что можно рассматривать как аналог подотчетности Конституции. Активное участие в Objectives and Key

Results (OKR) и фиксация прогресса в выполнении целей также являются обязательными. Исполнители должны выполнять свои роли, определенные в рамках общего проекта, предоставлять ежеквартальные отчеты и оценки, а также быть открытыми для обратной связи, что включает своевременное выявление и решение рисков и проблем.

В процессе реализации дорожной карты цифровой трансформации следует уделять особое внимание управлению затратами. Часто наблюдается значительная разница (иногда на порядок) между суммами, которые компании платят за данные, и теми затратами, которые они могли бы нести при оптимизации своей инфраструктуры данных и сопутствующих расходов. Расходы на хранение данных значительно возрастают, когда компании загружают терабайты информации в облачные хранилища и требуют круглосуточной доступности этих данных. На практике же лишь около 10% данных действительно требуют такого уровня доступности. Остальные данные могут быть доступны с задержкой в 24–48 часов, что представляет собой гораздо более экономичный вариант хранения. Затраты на вычисления в облачных платформах увеличиваются из-за необходимости выполнять множество задач, требующих доступа к тысячам процессоров. Для оптимизации этих затрат компании могут использовать вычислительные ресурсы в периоды низкой загрузки, аналогично управлению пиковыми нагрузками на электроэнергетические сети. Например, когда люди ложатся спать, вычислительные ресурсы, используемые такими сервисами, как Netflix и другими аналогичными платформами по всему миру, освобождаются, что значительно снижает стоимость вычислений. Также экономия средств достигается за счет осознания того, что предприятиям необходимо отказаться от создания одноразовых решений, которые сложно адаптировать для использования в других аналогичных ситуациях.

Неэффективное управление затратами, связанные с разработкой продуктов на базе искусственного интеллекта, часто становятся причиной банкротства стартапов. В этих условиях успешная продажа крупной технологической корпорации становится для основателей своеобразным признаком достижения успеха. При этом передаются как ключевые технологии, так и команды разработчиков. Многие стартапы, испытывающие финансовые затруднения, обращаются за поддержкой к таким гигантам, как Amazon, Microsoft и Google. Эти корпорации приобретают стартапы по относительно низким ценам, поглощая их технологии и специалистов. Например, стартап Character.ai, занимавшийся разработкой ИИ-аватаров, не смог успешно выйти на рынок и был приобретен Google. В результате, команда и технологии компании перешли обратно к Google, хотя основатели ранее покинули компанию, чтобы развивать проект с большей скоростью. Подобные слияния происходят регулярно, как, например, с Adpet AI, который был приобретен Amazon за \$330 млн. Высокие затраты на специалистов и инфраструктуру делают стартапы зависимыми от крупных корпораций, что, в свою очередь, ограничивает появление новых независимых игроков на рынке (Kubera, 2024).

Если подытожить, то для успешного прохождения дорожной карты трансформации компании необходимо постоянно держать фокус на таких компонентах, как:

- Роль компании в экосистеме, в той отрасли, где работает компания: во-первых, что делается лучше всего, что стоит оставить у себя; и во-вторых, как это может выглядеть через 5 лет, с учетом развития технологий в мире.
- Инвестировать в собственный технологический стек: определить, какие технологии будут полезны для компании через пять лет и в какие технологии уже стоит инвестировать сегодня.
- Удерживать, развивать и мотивировать сотрудников, которые составляют костяк с точки зрения экспертизы и ценностей. Сформировать с ними коалицию на долгие годы путем открытой коммуникации и построения общих планов.
- Непрерывно управлять стеком навыков: определить, какими навыками должна владеть компания сегодня и через 5 лет и как эти навыки будут получены (обучение, аутсорсинг, найм).
- Делать фокус на культуре: сформировать культуру работы в командах вокруг продуктов и проектов, которые ценны для клиентов и общества. Необходимо постоянно балансировать полномочия с подотчетностью и ресурсами внутри организации.

Примером удачных организационных изменений есть гигант по добыче меди Freeport-McMoRan, который вывел производительность на новый уровень, создав и внедрив модель ИИ на рудо-обогащительной фабрике в Багдаде, штат Аризона, США (Conger, 2020). Руководство поставило цель увеличить добычу меди на объекте без крупных вливаний капитала. Компания объединила кросс-функциональные команды для создания, тестирования и интеграции модели ИИ, изменив организационную культуру, чтобы сосредоточиться на быстрых итерациях и постоянном совершенствовании. Freeport-McMoRan назначил старшего менеджера по продукту ответственным за помощь в координации команд и улучшении распределения между рабочими группами, назначил финансового директора для управления отслеживанием воздействия и отчетностью и ввел систему квартального планирования (аналогичную квартальным обзорам деловой активности), в которой топ-менеджеры компании собирались вместе, чтобы ставить цели и ключевые результаты, а также сосредоточивать ресурсы на приоритетных областях. В результате компания добилась поставленных целей в производительности без финансовых инвестиций.

Выводы. Дорожная карта цифровой трансформации является ключевым инструментом для успешного внедрения новых технологий в бизнес-среду. Она не только помогает структурировать процесс изменений, но и позволяет определить ключевые области, в которых применение технологий, таких как ИИ, окажет наибольшее влияние. Этапы разработки дорожной карты цифровой трансформации включают оценку ключевых бизнес-процессов, ранжирование их по приоритетности внедрения ИИ, а также определение рисков и способов их минимизации. Дорожная карта должна быть достаточно гибкой и адаптируемой, чтобы учесть технологические и организационные акценты трансформации. Особое внимание следует уделить созданию межфункциональной команды, разработке новых бизнес-моделей и выбору приоритетных сценариев для внедрения технологий.

В процессе реализации дорожной карты ключевым фактором успеха становится способность организации переосмыслить и реинжиниринговать свои процессы с учетом возможностей ИИ. Исследования показывают, что успешная трансформация возможна лишь при проведении взаимодополняющих изменений, которые интегрируют новые технологии с процессами и структурой компании.

Традиционные модели управления, ориентированные на стандартизированные задачи, оказываются недостаточными в условиях, когда всё больше операций автоматизируется, а роль сотрудников перемещается в сферу уникальных и креативных задач. Это требует перехода от процессов, основанных на контроле и стандартизации, к проектной работе, гибкому управлению и распределению полномочий среди сотрудников. Организационные изменения также предполагают перестройку управления знаниями и расширение доступности экспертных данных через цифровые платформы. Это позволяет не только улучшить взаимодействие сотрудников, но и развивать персонализированные решения для клиентов.

Немаловажным аспектом становится формирование доверия к ИИ среди сотрудников и внешних заинтересованных сторон. Это требует документирования эксплуатационных характеристик ИИ-моделей, а также создания механизмов проверки их точности и безопасности. Важно также учитывать роль лидеров, чья функция трансформируется: они становятся координаторами мультидисциплинарных команд, управляют проектами, интегрируют новые технологии и решают возникающие проблемы.

Выводы к четвертому разделу

1. Цифровая трансформация на сегодняшний день представляет собой кульминацию эволюции бизнес-моделей, выходя за рамки простой цифровизации. Она направлена на пересмотр традиционных границ деятельности предприятий, формирование гибких и динамичных структур, а также интеграцию передовых технологий, таких как облачные сервисы, искусственный интеллект и интернет вещей, в основные бизнес-процессы. В отличие от традиционных преобразований, цифровая трансформация характеризуется непрерывностью изменений и требует от компаний не адаптации, а полной

перестройки операционных моделей. Особую роль в этом процессе играет использование инновационных решений, таких как цифровые двойники, обеспечивающие моделирование и оптимизацию сложных систем.

2. Успешная реализация цифровой трансформации требует стратегического подхода, ориентированного на долгосрочную ценность, с акцентом на лидерство высшего руководства и децентрализацию полномочий. Это обеспечивает более высокую адаптивность и ускоряет внедрение инноваций. При этом важным элементом трансформации является не только техническая модернизация, но и продуманное управление изменениями, включающее обучение персонала, создание кросс-функциональных команд и постоянную оптимизацию бизнес-процессов. В результате цифровая трансформация становится не просто технологическим трендом, а ключевым фактором конкурентоспособности и устойчивого развития компаний в условиях цифровой экономики.

3. Внедрение искусственного интеллекта оказывают глубокое влияние на трансформацию Канвы бизнес-моделей. ИИ изменяет подходы к сегментации клиентских групп, способствуя переходу компаний к гиперперсонализации, что усиливает их конкурентные преимущества. Это выражается в создании индивидуальных предложений, адаптированных к меняющимся потребностям клиентов, а также в ускорении разработки продуктов и уменьшении ошибок. В результате компании могут быстрее реагировать на изменения рынка, повышая удовлетворённость и лояльность потребителей. Автоматизация процессов и омниканальные стратегии улучшают качество обслуживания и увеличивают продажи, обеспечивая точное соответствие предложения потребностям клиентов.

4. Кроме того, ИИ способствует оптимизации взаимодействия с клиентами за счёт анализа данных в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на их предпочтения и повышать эффективность маркетинговых кампаний. ИИ также открывает новые возможности для создания источников доходов благодаря инновационным бизнес-моделям и гибким ценовым стратегиям. Однако внедрение ИИ сопровождается рядом рисков, включая киберугрозы и неравномерное распределение возможностей между крупными и малыми предприятиями. Важным аспектом также становится трансформация человеческих ресурсов: использование гибридных интеллектуальных систем требует новых компетенций и повышения управленческих навыков в области цифровых процессов. В конечном счёте, ИИ становится ключевым драйвером изменения Канвы бизнес-модели и повышения их устойчивости.

5. Интеграция искусственного интеллекта в бизнес-процессы требует тщательно продуманной стратегии, учитывающей как внутренние, так и внешние факторы. Модель «Технология-Организация-Окружающая среда» (ТОЕ) помогает предприятиям оценить готовность к внедрению ИИ, а ключевыми аспектами здесь являются поддержка высшего руководства и организационная готовность к изменениям. Процесс внедрения обычно проходит через несколько этапов, от использования готовых решений до создания собственных моделей, и успешность зависит не только от технологической готовности, но и от влияния ИИ на человеческие ресурсы и процессы.

6. Одной из главных проблем цифровой трансформации является наличие множества барьеров, таких как недостаток данных для обучения ИИ, отсутствие опыта расчета рентабельности инвестиций в ИИ, неподготовленность персонала, нехватку персонализированных решений и сложность использования существующих ИИ-инструментов. Малые и средние предприятия сталкиваются с дополнительными ограничениями, связанными с ресурсами и зависимостью от крупных партнёров. Для успешного преодоления этих препятствий важны стратегические инвестиции в гибридный интеллектуальный капитал, создание масштабируемых моделей и формирование благоприятной экосистемы, включающей нормативно-правовую базу и инфраструктуру данных.

7. Ключевым аспектом успешной интеграции ИИ является восприятие этих технологий клиентами. В некоторых секторах, таких как медицинские устройства и финансы, потребители проявляют осторожность, что связано с недостаточным пониманием ИИ. Учитывая это, компании должны адаптировать свою стратегию внедрения с учётом культурных и социальных факторов. Компаниям необходимо найти баланс между экспериментированием и стратегическим масштабированием, а модели

зрелости, такие как Forrester, Gartner, McKinsey и многие другие, помогают оценить текущее состояние организации и предоставляют рекомендации для перехода на более высокие уровни зрелости, где ИИ становится неотъемлемой частью корпоративной структуры и культуры.

8. Цифровая трансформация с внедрением искусственного интеллекта уже сегодня демонстрирует определенные успехи, связанные с повышением эффективности и конкурентоспособности, в частности в таких секторах, как разработка продуктов, финансовые услуги и сельское хозяйство. Успешные примеры подчеркивают важность грамотного управления данными, развития цифровых навыков и создания гибких моделей взаимодействия. Компании, которые эффективно адаптируют ИИ, получают преимущества в скорости принятия решений и улучшении клиентского опыта. При этом успех цифровой трансформации зависит не только от технологической готовности, но и от понимания организационных изменений и этических аспектов, что обеспечивает долгосрочную конкурентоспособность.

9. Внедрение искусственного интеллекта в бизнес-процессы компаний должно сопровождаться стратегическим подходом, направленным на создание долгосрочной добавленной стоимости для клиентов. Оптимизация клиентского опыта с использованием технологий генеративного ИИ, включая самообслуживание и разработку новых продуктов, представляет собой важный аспект эффективной цифровой трансформации. Прозрачность и объяснимость решений на основе ИИ выступают важными факторами доверия, способствуя устойчивому росту компаний.

10. Успешная интеграция ИИ в бизнес-процессы компаний требует системного подхода, ориентированного на масштабные инициативы, способные создать критическую массу изменений и обеспечить долгосрочную устойчивость. Ключевым аспектом является фокус на стратегически важных областях, где внедрение ИИ может принести значимые результаты, с возможностью дальнейшего расширения на другие подразделения. Применение ИИ на уровне всей цепочки создания ценности, а не ограничение локальными решениями, позволяет достичь максимальной эффективности и устойчивого роста. Важная роль при этом отводится управлению ресурсами, мониторингу и надзору со стороны руководства.

11. Назначение владельца бизнес-процесса или бизнес-юнита, ответственного за внедрение ИИ, может значительно повысить эффективность проектов, способствуя стратегической координации и минимизации рисков фрагментации. Введение роли CAIO (Chief AI Officer) позволяет централизовать управление ИИ-инициативами, обеспечивая их соответствие долгосрочным целям компании и снижая риски, связанные с этическими и правовыми аспектами. Однако создание новой позиции может вызвать межфункциональные конфликты и дублирование обязанностей с CIO или CTO, а также привести к излишним затратам. Для оптимизации этой роли важно четко согласовать ожидания и показатели эффективности с руководством. В некоторых случаях интеграция ответственности за ИИ в существующие позиции может быть более экономически выгодной и эффективной альтернативой.

12. Успешная цифровая трансформация компании требует комплексного изменения операционной модели с акцентом на интеграцию цифровых технологий и повышение гибкости процессов. Начальный этап может включать создание автономных цифровых фабрик для ускорения внедрения инновационных решений, с последующим переходом к модели продукта и платформы для охвата более широкого спектра бизнес-процессов. Оптимизация ИТ-инфраструктуры требует сбалансированного сочетания внутренней и внешней ИТ-экспертизы, обеспечивая гибкость для будущих интеграций и систематизацию данных. Решения, такие как NVIDIA Inference Microservices демонстрируют новые возможности для адаптации и масштабируемого использования ИИ в различных бизнес-средах.

13. Успешное внедрение искусственного интеллекта зависит от умения работать с данными, особенно с неструктурированными. Ключевым аспектом является обеспечение стандартизации и высокого качества данных, поскольку низкое их качество может привести к сбоям и финансовым потерям. Важную роль играет способность компаний оценивать соответствие данных и моделей задачам, уделяя внимание таким критериям, как релевантность, полнота и отсутствие предвзятости. Примеры из

фармацевтики и банковского сектора демонстрируют, что тесное взаимодействие с бизнес-заказчиками и постоянный цикл обратной связи на всех этапах внедрения ИИ-решений способствуют их успешности проектов цифровой трансформации.

14. Вопросы прозрачности, справедливости и подотчетности алгоритмов ИИ приобретают первостепенное значение как в корпоративных, так и общественных обсуждениях. Несмотря на признание необходимости ответственного подхода к ИИ, лишь ограниченное число организаций создает структуры для управления рисками, что свидетельствует о недостаточной готовности бизнеса к управлению вызовами, связанными с генеративным ИИ. Это может привести к негативным социальным последствиям, включая рост неравенства и концентрацию власти. Для эффективного и ответственного использования ИИ необходимо внедрение строгих регулятивных рамок, включая тестирование систем с применением бенчмаркинга и красных команд, что позволит минимизировать риски и повысить надежность ИИ, обеспечивая при этом прозрачность и подотчетность на всех этапах его внедрения и эксплуатации.

15. Результаты исследования подтверждают значительные изменения в корпоративной среде, где основное внимание смещается с материальных активов на нематериальные, такие как человеческий капитал, интеллектуальная собственность и бренды. В условиях, когда высококвалифицированные сотрудники становятся ключевым источником создания ценности, менеджеры должны адаптировать стратегии для мотивации и удержания талантов. Традиционные директивные методы управления утрачивают эффективность, уступая место стилю руководства, основанному на учёте социальных и когнитивных навыков сотрудников. Успешная цифровая трансформация требует не только технологических инноваций, но развитие и у людей, и у ИИ эмпатии, которая способствует гармоничной интеграции ИИ и технологий в рабочие процессы.

16. Недостаточная подготовка сотрудников и сопротивление изменениям представляют собой значительные барьеры, преодоление которых возможно через обучение и переобучение с акцентом на гибкость и адаптивность. Автоматизация по-разному влияет на различные секторы: в то время как занятость сокращается в таких сферах, как обслуживание и офисная поддержка, наблюдается рост спроса на работников в области здравоохранения и "зеленой" экономики. Это требует переосмысления подходов к найму, с приоритетом на навыки и вовлечение упускаемых групп населения. Корпоративная культура, основанная на данных, и межфункциональная координация становятся ключевыми факторами успешной интеграции ИИ и автоматизации, что способствует адаптации сотрудников и готовности к будущим вызовам.

17. Из-за нехватки ресурсов и недостаток цифровой зрелости малых и средних предприятий требует сотрудничества с партнерами, включая разработчиков ИИ, платформы AI PaaS и центры цифровых инноваций. Эти партнерства позволяют адаптировать технологии под специфические бизнес-задачи, минимизировать риски и снизить объем первоначальных инвестиций. Однако эффективная интеграция ИИ требует не только технологической адаптации, но и образовательной поддержки сотрудников. Обучение взаимодействию с новыми технологиями способствует снижению сопротивления и повышает гибкость решений, что делает их более адаптивными к меняющимся условиям.

18. Для успешного внедрения искусственного интеллекта предприятиям необходимо сосредоточиться на управлении рисками, таких как конфиденциальность данных, предвзятость моделей и кибербезопасность. Важно заранее разработать критерии для оценки уровня риска, что позволит минимизировать субъективные факторы при принятии решений и повысить объективность оценки угроз. Компании, которые недооценивают важность защиты своих систем, рискуют столкнуться с серьезными финансовыми и операционными потерями. Регулярный аудит и мониторинг процессов, а также внедрение инструментов, способных своевременно обнаруживать и устранять угрозы, должны стать важнейшими элементами цифровой трансформации.

19. Доверие к ИИ также требует балансировки — слишком сильное доверие может привести к некритичному восприятию решений ИИ, тогда как его недостаток снизит эффективность. Обучение со-

трудников ответственному использованию ИИ и введение механизмов надзора за автономными действиями систем помогут минимизировать риски и повысить результативность внедрения ИИ в бизнес-процессы. Эти механизмы контроля и обеспечение прозрачности работы ИИ-систем играют решающую роль в снижении рисков, особенно при автономных действиях агентов ИИ, где важно сохранять возможность вмешательства и надзора.

20. Цифровая трансформация на различных этапах требует гибкой аргументации и оценки эффективности. На начальных стадиях достаточно продемонстрировать технологические возможности, но по мере зрелости проекта основное внимание уделяется рентабельности инвестиций (ROI), оцениваемой через финансовые показатели, такие как снижение затрат, увеличение доходов и улучшение качества обслуживания клиентов. Успешное масштабирование проектов на основе ИИ зависит не только от четкой оценки ROI, но и от систематического взаимодействия с ключевыми заинтересованными сторонами, что способствует адаптации технологий и преодолению внутренних барьеров.

21. Внедрение искусственного интеллекта представляет собой сложный и многоуровневый процесс, включающий точное планирование и регулярный мониторинг. Ключевые показатели эффективности (KPI) играют важную роль в оценке достижения ожидаемых результатов и создании реальной ценности для бизнеса. На этапе оценки проектов важно определить и согласовать KPI, связав их с бизнес-результатами, а также интегрировать стратегические цели в операционные процессы. Внедрение систем управления KPI на основе искусственного интеллекта открывает новые возможности для повышения точности мониторинга и прогнозирования результатов.

22. Системы управления KPI на основе искусственного интеллекта включают описательные, прогнозные и предписывающие компоненты, позволяют компаниям выявлять сложные взаимосвязи между операционными и стратегическими факторами, такими как производительность сотрудников, отзывы клиентов и финансовые результаты. Благодаря использованию ИИ можно не только фиксировать очевидные корреляции, но и обнаруживать скрытые зависимости, влияющие на достижение стратегических целей. Преимуществом интеллектуальных KPI является их способность предсказывать результаты различных сценариев и предоставлять рекомендации для адаптации к будущим изменениям. Это позволяет компаниям принимать более обоснованные решения и оперативно реагировать на изменения как во внутренней, так и во внешней среде.

23. Дорожная карта цифровой трансформации выступает важнейшим инструментом, обеспечивающим структурированный подход к внедрению новых технологий в бизнес-среду. Она помогает структурировать процесс изменений, выделяя ключевые области для внедрения технологий, которые окажут наибольшее влияние на производительность и бизнес-результаты. Этапы разработки такой дорожной карты включают всестороннюю оценку бизнес-процессов, ранжирование их по приоритетности внедрения ИИ, а также идентификацию рисков и способов их снижения. Важно, чтобы дорожная карта оставалась гибкой, обеспечивая адаптацию как к технологическим, так и к организационным изменениям. Ключевыми аспектами являются формирование междисциплинарных команд, создание новых бизнес-моделей и выбор приоритетных сценариев для применения ИИ.

24. На этапе реализации дорожной карты способность компании пересматривать и реорганизовывать свои бизнес-процессы с учётом новых возможностей ИИ становится основным фактором успеха. Исследования подчеркивают, что успешная трансформация возможна только при гармоничном сочетании технологических нововведений с процессами и структурой компании. Традиционные управленческие модели, основанные на стандартизированных задачах и контроле, теряют свою актуальность, поскольку автоматизация процессов усиливает потребность в креативных и уникальных компетенциях сотрудников. Это требует перехода к гибким формам управления, проектной работе и децентрализации полномочий, что также предполагает обновление подходов к управлению знаниями и более широкую доступность данных через цифровые платформы.

25. Тренд низкого доверия к новой технологии характерен для начальных этапов ее внедрения, что отмечается в 2024 году, когда предприятия внедряют готовые решения нежели разрабатывают собственные. Однако по мере дальнейшего распространения технологии ИИ такой подход становится

менее эффективным, по причине того, что эта технология есть и у конкурентов. Получение конкурентного преимущества, вероятно, будет заключаться в кастомизации используемых решений. Еще большего эффекта можно достичь если пойти еще дальше: не выбирать между купить или создать ИТ решение для себя, а использовать микс, когда будут внедряться полноценная экосистема, состоящая из собственных разработок и приложений, открытых ИТ систем и готовых (купленных и адаптированных под конкретное предприятие) ИТ компонентов и подсистем.

26. Ключевым фактором является своевременное начало перехода к масштабированию, обеспечивающему достижение устойчивых долгосрочных преимуществ, достижимых исключительно через реализацию полноформатной цифровой трансформации. Ожидать завершения данного процесса в течение 3–4 месяцев нецелесообразно; напротив, он должен быть интегрирован в стратегические программы предприятия с временным горизонтом от 6 до 8 кварталов. Кроме того, для успешной адаптации и изменения организационной культуры, необходимых для внедрения новой бизнес-модели, период адаптации организации может составлять от 3 до 5 лет.

27. Таким образом, цифровая трансформация — это не только внедрение ИИ, но и изменение стратегии, пересмотр бизнес-моделей и организационных структур, направленные на повышение конкурентоспособности и устойчивости компании в условиях стремительных технологических изменений. Компаниям необходимо учитывать уникальность каждого бизнеса и его роль в экосистеме, выстраивать долгосрочные планы по развитию собственных технологий и компетенций, а также поддерживать постоянную готовность сотрудников к изменениям. Только в таком контексте цифровая трансформация приведет к достижению стратегических целей бизнеса и укреплению его конкурентоспособности.

РАЗДЕЛ 5. КОРПОРАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ: УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ И ОБЩЕСТВА

5.1. Устойчивость компаний в контексте динамических неравновесных систем

Одним из ключевых вызовов, связанных с быстрым развитием технологий искусственного интеллекта, является их потенциальная дестабилизирующая природа. Зан Гилани, директор по продуктам компании Duolingo, который возглавляет команду, занимающуюся интеграцией ИИ в образовательные процессы, отмечает, что, несмотря на общий оптимизм, его серьёзно тревожит скорость этих изменений. Он выражает опасение, что столь стремительные преобразования могут привести к дестабилизации общества. Основной задачей для общества в данной ситуации становится сохранение стабильности в условиях ускоренного технологического прогресса. Хотя такие изменения являются желательными с точки зрения прогресса, важно минимизировать их потенциальные негативные последствия. (Ransbotham, 2023).

Для повышения устойчивости системы и её способности к самоорганизации, согласно исследованиям лауреата Нобелевской премии Ильи Пригожина, необходимо поддержание тонкого баланса между стабильностью и нестабильностью. Это состояние позволяет системе не только сохранять свою структуру, но и развивать её, создавая новую информацию. Согласно теории диссипативных структур, неравновесные системы используют приток энергии извне (или воздействие других внешних факторов) для самоорганизации и формирования упорядоченных структур. Такие системы, находящиеся вдали от термодинамического равновесия, благодаря обмену энергией или веществом с окружающей средой, могут переходить в более сложные и организованные состояния (Nicolis, 1979). Поиск "тонкого баланса" между порядком и хаосом в неравновесных системах представляет собой сложную задачу, поскольку этот баланс определяется множеством факторов, включая природу самой системы, условия её существования и характеристики внешней среды.

Рассмотрим методы и подходы, которые позволяют приблизиться к достижению этого баланса в бизнес-среде.

Во-первых, это реализуется через постоянное наблюдение и обратную связь. Так, на предприятиях и в инженерных системах баланс между порядком и хаосом часто достигается путём контроля ключевых параметров (например, температуры, давления, потока энергии или бизнес показателей - КПЭ). Постоянный мониторинг позволяет отслеживать, как система реагирует на внешние изменения, и предотвращать её выход за критические границы. Также системы самоорганизации, как правило, работают эффективно при наличии механизма обратной связи, который позволяет корректировать отклонения от равновесия. В организациях это выглядит как циклы обратной связи между командами, отделами и руководством.

Во-вторых, баланс реализуется через моделирование сложных систем. В управлении сложными системами и процессами (в бизнесе или науке) используют математические и компьютерные модели для прогнозирования поведения системы. Такие модели помогают выявить ключевые параметры, на которые нужно воздействовать, чтобы система оставалась в состоянии управляемого неравновесия. В инженерных, биологических или социально-экологических системах анализ устойчивости помогает определить, при каких условиях система начинает демонстрировать самоорганизацию или, наоборот, разваливается. Этот анализ помогает установить пороги параметров, за которыми система становится либо слишком стабильной (близкой к равновесию), либо слишком хаотичной.

В-третьих, важен также принцип минимально достаточной сложности. Обозначенный принцип предлагает, что системы должны быть достаточно сложными, чтобы справляться с внешними изменениями, но не чрезмерно сложными, чтобы это приводило к неэффективности или хаосу. В организациях это означает, что структура должна быть достаточно упорядоченной с выделенными ролями для организационных единиц, но при этом не излишне перегруженной иерархиями и процессами, чтобы не прийти к равновесию, что будет означать остановку в развитии.

Одним из методов балансирования системы есть создание буферных зон. В сложных системах, таких как компании или инфраструктурные проекты, буферные зоны могут помочь реагировать на непредвиденные риски и изменения без дестабилизации системы. Это может быть создание резервов ресурсов, времени или денег, которые помогут системе оставаться устойчивой при внешних воздействиях.

Следующим методом нахождения баланса есть цикл сменяемых инноваций и стабильности. Компании и организации могут чередовать фазы экспериментов и инноваций (когда исследуются новые идеи и подходы) с фазами стабилизации (где усовершенствованные процессы и результаты внедряются в практику). Это помогает поддерживать гибкость, не впадая в хаос.

Среди этих методов важен использование нестабильности как источника роста. В организациях или системах можно намеренно вводить элементы нестабильности для стимулирования инноваций и адаптации. Примером может быть управление через кризисы (например, ввод изменений через резкие, но управляемые встряски), что помогает выявить слабые места в системе и улучшить её устойчивость. Вместо глобальных изменений система может адаптироваться через небольшие отклонения, которые позволяют ей оставаться гибкой и избегать резких сбоев. Это реализуется через систему непрерывных улучшений LEAN, которая направлена на непрерывном устранении потерь. Такие улучшения сравнимы с эволюцией через микроэволюционные изменения, когда система постепенно адаптируется к изменяющимся условиям. Схожий эффект достигается в рамках методологии Agile, когда компании стремятся найти баланс между хаосом и порядком через постоянные итерации, короткие циклы обратной связи и командную самоорганизацию. Это позволяет системе быстро адаптироваться к изменениям, не разрушая её устойчивость.

Метод флуктуаций, представляющий собой небольшие случайные колебания внутри системы, также может быть использован для поиска устойчивых состояний. В природных системах это зачастую приводит к формированию новых диссипативных структур. В контексте управления организациями и проектами данную концепцию можно интерпретировать как использование экспериментов и стресс-тестов, которые демонстрируют реакцию системы на изменения. В сложных адаптивных системах, таких как организации, процесс постоянного самообучения через эксперименты и адаптацию способствует поддержанию системы в состоянии баланса между статичностью и хаосом.

Для того, чтобы поддерживать в компаниях "тонкий баланс" между порядком и хаосом необходимо поддерживать динамику, способствующую развитию и адаптации системы, при этом сохраняя её устойчивость. В управлении организациями такие подходы позволяют сохранять гибкость и эффективно реагировать на изменения, избегая как чрезмерного хаоса, так и стагнации. Ниже приведены примеры самоорганизации в науке и бизнесе.

1. Нанотехнологии - при создании наноматериалов неравновесные процессы могут приводить к появлению упорядоченных структур, которые невозможно получить в условиях равновесия;

2. Синтетическая биология — использование этих принципов позволяет создавать искусственные биологические системы, способные к самоорганизации и адаптации, что находит применение в медицине и биотехнологиях;

3. В системах распределённых вычислений и интернета вещей (IoT) используются принципы самоорганизации для координации действий множества устройств без центрального управления;

4. В сложных энергетических системах, таких как электрические сети, неравновесные процессы используются для поддержания стабильности через адаптивные стратегии управления;

5. В бизнес-среде, практически в любой отрасли самоорганизация реализуется, когда компании начинают рассматривать себя как динамические системы, где важно не столько предсказуемое управление сверху вниз, сколько создание условий для адаптации и самоорганизации на уровне команды или отдела. Лидеры в таких системах выполняют роль фасилитаторов, создавая условия для самоорганизации, обмена знаниями и непрерывного развития. Это реализуется через культуру управления — больше открытости, децентрализации власти и активного вовлечения сотрудников в процесс принятия решений.

6. В сложных многослойных нейронных сетях возможно спонтанное возникновение новых паттернов обработки данных без заранее заданных правил или архитектуры. Это происходит, когда взаимодействие множества элементов (нейронов или слоев) в сети приводит к появлению новых эмерджентных свойств системы, которые не были запрограммированы изначально. Такие свойства возникают благодаря постоянному притоку данных для обучения и их обработке сетью, при этом сама система не разрушается, а переходит к новому, более организованному состоянию.

Таким образом, на основании перечисленных примеров, для достижения самоорганизации в любой природной системе или бизнес-среде важны такие аспекты:

- непрерывность притока данных или энергии из-за предела системы;
- система должна быть открытой и постоянно взаимодействовать с внешней средой и потоком входящих данных и энергии;
- система должна обладать внутренней сложностью, чтобы её компоненты могли взаимодействовать между собой и создавать новые структуры;
- система должна иметь динамику (быть динамической системой), приводящую к появлению эмерджентных свойств, что может быть результатом *конкуренции, кооперации или другого типа взаимодействия* компонентов;
- внутри системы должны обрабатываться большие объемы данных с возможностью адаптации и обучения в процессе, подобно тому, как природные системы адаптируются к изменениям окружающей среды.

Выводы. Быстрое развитие технологий искусственного интеллекта, несмотря на свои перспективы, сопряжено с рисками дестабилизации. Сохранение устойчивости систем в условиях технологических изменений может быть достигнуто через баланс между стабильностью и нестабильностью, что подтверждается исследованиями Ильи Пригожина о диссипативных структурах и неравновесных системах. Важно находить баланс между порядком и хаосом, который обеспечивается множеством факторов, таких как обратная связь, моделирование сложных систем и поддержание минимально необходимой сложности.

Эффективные методы достижения устойчивости включают постоянный мониторинг ключевых параметров, внедрение циклов инноваций и стабилизации, создание буферных зон для минимизации рисков и использование флуктуаций для стимулирования роста и адаптации. Примеры самоорганизующихся систем можно наблюдать в различных отраслях, включая нанотехнологии, синтетическую биологию, распределенные вычислительные системы и сложные энергетические сети. В бизнесе самоорганизация проявляется через децентрализацию управления и вовлечение сотрудников в процесс принятия решений, что способствует адаптивности организаций.

Самоорганизация и адаптация к изменениям в системах возможны при соблюдении ряда условий, таких как приток внешних данных, внутренняя сложность системы и её способность к обучению и адаптации. Применение этих принципов в управлении организациями позволяет гибко реагировать на внешние изменения, сохраняя устойчивость и избегая стагнации или дестабилизации.

5.2. Вызовы в эпоху искусственного интеллекта: последствия для общества и экономики

Демократия или технократия: вызовы развития ИИ для политической структуры

Для начала рассмотрим глобальные процессы через призму экономической и политической эволюции человечества. На протяжении веков экономика была основана на человеческом труде и потреблении. В ранние периоды это проявлялось в таких формах, как рабство, а в дальнейшем — в более цивилизованных системах, где преимущество получали те общества, которые сумели создать квалифицированные кадры и аккумулировать ресурсы, включая вооружённые силы, для контроля

над зависимыми регионами. Как следствие, государства, обладавшие наибольшей добавленной стоимостью, зачастую достигали этого за счёт эксплуатации беднейших стран, где стоимость труда была значительно ниже.

С развитием робототехники и искусственного интеллекта наблюдается тенденция к сокращению потребности в человеческом труде, как физическом, так и умственном. Это, в свою очередь, может привести к изменению спроса на рабочую силу, в результате чего появится структурная безработица с миллионами или десятками миллионов человек. В результате это может привести к снижению роли человеческого потребления в экономике. Автоматизация традиционных функций, ранее выполняемых людьми, порождает важный вопрос о том, как подобные изменения повлияют на социальные и политические структуры.

Важным аспектом данного изменения является влияние на средний класс, который традиционно играл значительную роль в формировании политической власти через участие в выборах и демократических процессах. В условиях сокращения потребности в человеческом труде как источнике добавленной стоимости, средний класс может оказаться в ситуации, при которой его влияние на политические процессы ослабнет. Автоматизация и доминирование искусственного интеллекта, в том числе в сферах, связанных с защитой существующего порядка и обеспечением общественной безопасности, где функции могут быть переданы роботам, не обладающим собственными интересами, могут вызвать серьёзные последствия для демократии и общественного устройства:

- Снижение вовлеченности граждан. Автоматизация и сокращение рабочих мест могут привести к снижению вовлеченности граждан в политические процессы. Если люди будут чувствовать, что их голос и влияние теряют значимость, это может привести к политической апатии и снижению интереса к участию в выборах.

- Увеличение социального неравенства. Широкое распространение автоматизации может привести к концентрации богатства и власти в руках узкого круга людей или корпораций, контролирующих технологии ИИ. Это усилит социальное неравенство, создавая предпосылки для социального напряжения.

- Изменение роли государства. По мере делегирования ключевых функций ИИ и роботам, роль государства может трансформироваться, с акцентом на поддержку технологической инфраструктуры и частных компаний, владеющих передовыми технологиями, а не на удовлетворение потребностей населения.

- Новые формы управления. С потерей эффективности традиционных демократических институтов могут появиться новые формы управления, основанные на данных и алгоритмах. Это может привести к возникновению "технократии", где принятие решений будет зависеть от аналитики и прогнозов, а не от политических процессов, что изменит сами принципы управления обществом.

Таким образом, переход к автоматизации и использованию ИИ поднимает важные вопросы о будущем демократии и социальной структуры. Эти изменения могут значительно трансформировать политическую и социальную динамику, что требует внимательного анализа и разработки механизмов адаптации для сохранения демократических основ. Поскольку экономика и общество продолжают эволюционировать, необходимо активно обсуждать и анализировать, как сохранить участие граждан и защитить права человека в условиях быстро меняющегося технологического ландшафта. Необходимы новые подходы к управлению, которые бы учитывали интересы всех слоев населения и способствовали социальному равенству и справедливости.

Будущее рабочих мест: место и роль человека

Широкое внедрение технологий Индустрии 4.0 поднимает важные вопросы относительно их воздействия на занятость и усиление социального неравенства (Husainy, 2023). Среди ключевых рисков, связанных с использованием генеративного искусственного интеллекта, помимо технологических угроз, выделяются негативные эффекты в области ESG. Примерами таких эффектов могут служить увеличение углеродных выбросов или возникновение структурной и масштабной безработицы (Kremer,

2024). Высока вероятность того, что повсеместное внедрение ИИ в бизнес-процессы создаст значительный перекося в существующей парадигме устойчивого развития, смещая акценты в сторону экономических выгод и оптимизации, что, в первую очередь, отрицательно скажется на социальной составляющей.

Встает вопрос о будущем рабочей силы в условиях такой трансформации. В одном из недавних интервью Гарри Каспаров, известный тем, что в 1990-х годах потерпел поражение от шахматного компьютера IBM, отметил: «Послушайте, я был первым работником умственного труда, который потерял работу из-за компьютера. Теперь это касается всех вас» (Valentine, 2023). С одной стороны, широко-масштабное проникновение ИИ в бизнес может привести к снижению спроса на низкоквалифицированный интеллектуальный труд, что вызовет рост безработицы. С другой стороны, это может привести к уравниванию производительности сотрудников разного уровня квалификации внутри одной профессии, что, в свою очередь, значительно повысит общую производительность труда на уровне отдельных компаний.

Согласно отчёту Всемирного экономического форума «Будущее рабочих мест» за 2023 год, по оценкам работодателей, в течение ближайших пяти лет 44% навыков работников будут изменены под воздействием новых технологий. В том же отчёте говорится, что шесть из десяти работников потребуют дополнительного обучения к 2027 году (MIT SMR Connections, 2024). К 2030 году виды деятельности, которые на текущий момент составляют до 30% отработанных часов в экономике США, могут быть автоматизированы, причём эта тенденция ускорится развитием генеративного ИИ (Ellingrud, 2023). По оценкам инвестиционного банка Goldman Sachs, до 300 миллионов рабочих мест по всему миру могут быть утрачены или существенно сокращены в результате быстрого внедрения технологий генеративного искусственного интеллекта (Forbes, 2023).

Актуализированное моделирование будущего рынка труда, проведённое компанией McKinsey в 2024 году, показало рост спроса на работников в таких областях, как STEM, здравоохранение и другие высококвалифицированные профессии. Однако, одновременно прогнозируется снижение спроса на такие профессии, как офисные служащие, производственные рабочие и специалисты службы поддержки клиентов. По прогнозам, к 2030 году, при сценарии умеренной автоматизации, до 30% текущих рабочих часов могут быть автоматизированы, что будет дополнительно ускорено развитием генеративного ИИ. Дополнительные факторы, влияющие на трансформацию рынка труда, включают стремление к достижению углеродной нейтральности, старение рабочей силы, рост электронной коммерции, инвестиции в инфраструктуру и технологии, а также общее экономическое развитие (Hazan, 2024).

Скептическую позицию по поводу ведущей роли искусственного интеллекта в полной автоматизации бизнес-моделей занимает лауреат Нобелевской премии по экономике Пол Ромер (Ransbotham, 2024). Он высказывает сомнения относительно того, что полное исключение человека из процесса принятия решений и выполнения задач является эффективным и желательным решением. В качестве примера Ромер приводит автономные транспортные средства, которые, несмотря на десятилетия тестирования, так и не достигли уровня полной автономии. Он подчёркивает, что настоящая технологическая революция происходит не в замене человека, а в создании новых возможностей для него через использование технологий. По мнению Ромера, современные датчики и устройства предоставляют человеку новые возможности, которые ранее были недоступны. Взаимодействие человека с данными, полученными от сенсоров, с помощью специальных интерфейсов позволяет выполнять задачи, которые кардинально меняют производственные процессы.

Ромер также предостерегает от передачи всех функций исключительно машинам, утверждая, что такая практика может привести к разочарованию, поскольку человек остаётся необходимым для корректировки и контроля результатов работы систем. Пример использования программы Whisper AI, предназначенной для расшифровки аудиозаписей, демонстрирует, что технологии ИИ всё ещё подвержены ошибкам, требующим вмешательства человека для их исправления. По мнению Ромера,

быстрый прогресс на ранних стадиях разработки технологий не гарантирует их стабильного и успешного применения в долгосрочной перспективе (Ransbotham, 2024). Проблемы, связанные с непредсказуемыми и редкими ситуациями, возникающими в работе автономных транспортных средств, подчёркивают этот риск: технологии сталкиваются с трудностями, которые сложно предвидеть и устранить.

По мнению профессора Массачусетского технологического института Дарона Аджемоглу, лишь около четверти задач, потенциально решаемых с помощью искусственного интеллекта, могут стать экономически целесообразными в течение следующего десятилетия (Khan, 2024). Профессор отметил, что, несмотря на значительные достижения в области ИИ, его влияние на экономику в ближайшие годы будет ограниченным. Основное воздействие ИИ будет заключаться в повышении эффективности производственных процессов через автоматизацию и улучшение производительности работников. Анализ Goldman Sachs предполагает, что ИИ повлияет менее чем на 5% задач, что приведет к увеличению производительности в США на 0,5% и росту ВВП на 0,9% за следующее десятилетие. Аджемоглу также подчеркивает, что, хотя архитектуры больших языковых моделей превзошли ожидания, ожидать создания интеллектуальной системы, подобной HAL из "2001: Космическая одиссея", маловероятно.

Профессор указывает, что многие текущие задачи, например, в транспортной или производственной сферах, требуют сложного взаимодействия с реальным миром, что ИИ вряд ли сможет существенно улучшить в ближайшее время. Влияние ИИ будет заметнее в умственных задачах, а не в решении сложных проблем, требующих больших затрат. Аджемоглу также сомневается в том, что простое увеличение вычислительной мощности GPU приведет к значительному прорыву, указывая на важность качественных данных, источники которых остаются неопределёнными. Джим Ковелло, глава глобальных исследований Goldman Sachs, отметил, что для того, чтобы окупить капиталовложения в размере 1 триллиона долларов, которые компании, такие как Nvidia, Microsoft, Alphabet, Meta, Amazon и Super Microcomputer, планируют направить на развитие ИИ, технологии нужно решать гораздо более сложные задачи. Несмотря на годы работы в этой сфере, пока отсутствуют примеры экономически эффективного использования ИИ. Ковелло подчеркивает значительное недопонимание текущих возможностей ИИ, который пока не способен решать действительно важные проблемы и демонстрировать когнитивные способности.

На сегодняшнем этапе развития технологий ИИ еще нет возможности четко определить, как изменится рынок труда и какие профессии будут актуальны. Но можно предположить, какие компетенции нужны людям, чтобы продолжать участвовать в активной жизни технологического общества будущего. Наше исследование показывает, что с высокой долей вероятности в ближайшем будущем остается необходимость человеческого вмешательства и контроля технологии ИИ в ряде ключевых областей. Таким образом, для сотрудников середины 20х годов 21 века желательно повышение квалификации в следующих направлениях:

- Глубокую экспертизу в науке и прикладных функциональных областях. Люди будут ответственны за постановку целей, определение задач и установление качественных характеристик ожидаемых результатов. Экспертное знание конкретной области позволит формулировать высокоуровневые цели, которые ИИ затем будет помогать достигать.
- Контроль промежуточных результатов. Человеческая роль останется критически важной для оценки каждого этапа процесса на предмет соответствия целям, качества результатов и выявления возможных рисков. Такой контроль необходим для своевременной коррекции курса при достижении плановых показателей.
- Решение проблем и принятие решений. Люди будут не только контролировать процесс, но и выбирать оптимальные решения из предложенных ИИ. Этот процесс будет включать постоянный анализ ситуации и корректировку действий в зависимости от изменяющихся условий. Таким образом, процесс будет состоять из последовательных выборов, ведущих к достижению конечной цели.

— Взаимодействие с клиентами. Одной из областей, в которой ИИ будет выступать в роли «второго пилота», является работа с клиентами. Пример успешного внедрения ИИ можно наблюдать в ведущей европейской медиа- и телекоммуникационной компании, где решение помогло улучшить обслуживание клиентов и опыт операторов. Это привело к сокращению среднего времени поиска необходимой информации для операторов на 65% (Amar, 2024). В этом контексте ИИ будет выполнять роль базы знаний и помогать оператору-человеку в решении задач.

— Межличностное взаимодействие. В будущем, даже если ИИ и роботы смогут заменить значительное или даже подавляющее количество рабочих мест, останется важная функция прямого взаимодействия между людьми. Простые межличностные отношения с другими людьми, обладающими своими недостатками и особенностями, будут по-прежнему ценны. Никто не хочет, чтобы с ним всегда общался идеальный ИИ, который соглашается, хвалит и поддерживает. Эволюционно человек настроен на борьбу и выживание, и счастье достигается при стремлении к своим целям и их достижении.

Рост производительности или угроза безработицы: новые тенденции в мире со стареющим населением

Ожидается, что в ближайшем будущем треть текущих задач будет выполняться с использованием технологий искусственного интеллекта. Если удастся эффективно перераспределить эту часть работы, это может привести к значительному росту производительности (Wasik, 2024). Это обусловлено тем, что генеративный ИИ представляет собой интеллектуальную технологию, способную интегрироваться в множество существующих бизнес-процессов и задач.

Важным вопросом остаётся, проходят ли переподготовку работники, чьи профессии становятся менее востребованными в результате внедрения ИИ, и помогает ли экономика создавать новые рабочие места, которые позволяют этим людям оставаться продуктивными в долгосрочной перспективе? Таким образом, роль ИИ в повышении производительности очевидна, но столь же важно рассматривать, насколько мы помогаем трудовому рынку адаптироваться к этим изменениям. Это необходимо для того, чтобы не только сохранить текущий уровень занятости, но и обеспечить общий рост производительности на национальном уровне.

Когда консультанты по управлению и компании, внедряющие искусственный интеллект и робототехнику, заявляют, что нет причин для беспокойства, это, напротив, должно вызывать обеспокоенность. Компании, такие как «Макдональдс», которые внедряют киоски самообслуживания с целью оптимизации расходов за счёт сокращения численности почасовых работников, или крупные инвестиционные банки, полагающиеся на программное обеспечение вместо трейдеров для осуществления многомиллионных сделок на фондовых рынках, продолжают активно внедрять технологии, направленные на повышение операционной эффективности и увеличение прибыли. Этот процесс неизбежно ведёт к сокращению численности персонала, что, в свою очередь, может оказать значительное влияние на рынок труда и усилить социальную нестабильность в долгосрочной перспективе.

Эта тенденция потенциально может отрицательно повлиять на все классы работников (Pimenow, 2024). Административная поддержка офиса, юриспруденция, архитектура и проектирование, бизнес и финансовые операции, менеджмент, продажи, здравоохранение, искусство и дизайн — вот некоторые отрасли, на которые автоматизация повлияет с высокой долей вероятности. *Соппротивление сотрудников — это естественный биологический процесс*, это инерция, которую демонстрируют сотрудники в принятии изменений, приносимых новой технологией. В целом сотрудники предпочитают статус-кво и сопротивляются отходу от него при внедрении новой технологии, особенно когда это грозит их рабочим местам.

Риски, связанные с внедрением искусственного интеллекта, когда люди теряют рабочие места из-за автоматизации рутинных задач, таких как сортировка документов, аналитическая обработка данных, обобщение информации и поиск знаний, требуют тщательного управления. Одним из подходов

может быть постепенное внедрение изменений, при котором, например, можно использовать налоговую систему для субсидирования занятости, особенно в производственном секторе. Это позволит компаниям выбрать между двумя вариантами: либо привлекать субсидированных работников, либо нести полные расходы, опираясь исключительно на существующие технологии.

Альтернативные меры могут включать введение прогрессивного налогообложения более высоких доходов с целью поддержки работников с низким уровнем дохода или введение налога на роботов и ИИ. Средства, полученные от такого налогообложения, могут быть направлены на субсидирование занятости работников, что позволит смягчить социальные и экономические последствия автоматизации и поддержать переход к новым формам занятости.

Обычно от внедрения новых технологий выигрывают те, кто обладает большими ресурсами, масштабом и конкурентным преимуществом. Однако в случае с генеративным искусственным интеллектом существует возможность включить в экономическую активность наименее востребованные слои общества, тем самым увеличив предложение квалифицированной рабочей силы. Это может привести к значительному росту производительности в отдельных отраслях или на уровне целых стран. Одним из ключевых аспектов применения ИИ является его потенциал для инклюзивного развития, когда наименее обеспеченные слои населения, находящиеся в нижних квартилях рынка труда, получают возможность повысить свою квалификацию и стать активными участниками экономики.

Интеграция этих людей в экономику принесёт не только рост производительности для компаний, но и создаст новую потребительскую базу, так как ранее низкие доходы препятствовали их участию в потреблении товаров и услуг. Кроме того, это снизит нагрузку на государственный бюджет, уменьшив необходимость в социальных субсидиях и пособиях по безработице. В результате такого подхода можно добиться тройной выгоды: повышение производительности, расширение потребительской базы и снижение государственных расходов.

В ближайшие десятилетия многие профессии, которые существовали на протяжении поколений, такие как начальные должности «белых воротничков», исчезнут под влиянием развития генеративного искусственного интеллекта. Однако основная проблема, с которой сталкивается экономика, заключается не в росте безработицы, а в дефиците рабочей силы. Автоматизация становится необходимым инструментом для удовлетворения растущих потребностей экономики, позволяя людям сосредоточиться на тех задачах, которые невозможно передать машинам.

Одним из ключевых факторов, влияющих на производительность труда, является старение населения. В большинстве профессий пик продуктивности приходится на возраст около 40 лет. На данный момент средний возраст в США составляет около 39 лет, что соответствует возрасту большинства работников (Bradle, 2024). В Китае средний возраст также приблизительно равен американскому, однако, к 2050 году этот показатель вырастет до 51 года, и более 30% населения страны будет старше 64 лет. Пик численности трудоспособного населения в Китае был зафиксирован в 2015 году, с тех пор эта численность сокращается. Хотя это демографическое изменение пока не оказывает значительного влияния на производительность, в будущем оно станет одной из главных причин её снижения из-за дефицита рабочей силы.

С учётом демографических вызовов, с которыми сталкиваются многие развитые страны, использование генеративного ИИ для интеграции мудрости и опыта старших работников в трудовые процессы может стать важным решением. Это позволит вернуть многих пожилых работников на высококвалифицированные должности, где их десятилетия опыта и знаний будут высоко цениться, тем самым компенсируя нехватку кадров и поддерживая производительность на высоком уровне.

Неравенство: старые проблемы в контексте цифровой эры

Автоматизация и робототехника, хотя и способствуют повышению производительности отдельных взятых компаний, оказывают неоднозначное воздействие на занятость и уровень неравенства. В условиях демографического старения и технологического прогресса в робототехнике, вероятно будет

происходить более внедрение роботизации на производствах, что, в свою очередь, может компенсировать потери производственных мощностей. Однако данное развитие событий сопровождается рисками усиления социального неравенства, так как непропорциональные выгоды от автоматизации получают работники, занятые в нестандартных формах занятости (Stähler, 2020).

Если внедрение технологии искусственного интеллекта не будет грамотно регулироваться на государственном уровне уже сегодня, это может привести к значительному росту социального неравенства. Несмотря на то, что общество получает выгоды от быстрых технологических инноваций, одновременно открываются новые, всё более заметные разрывы в социальном и экономическом положении различных групп населения. Этот процесс трудно оценить исключительно через показатели неравенства доходов, однако продолжительность жизни является более явным индикатором. Люди с только средним образованием не демонстрируют такого увеличения продолжительности жизни, как те, кто получил высшее образование (Nosko, 2017). Более того, в ряде случаев продолжительность жизни у менее образованных людей даже сокращается. Это свидетельствует о том, что их жизнь складывается значительно хуже по сравнению с более образованными гражданами (Davids, 2014).

Несмотря на то, что генеративный ИИ демонстрирует значительное повышение производительности труда по таким показателям, как время выполнения, удельные затраты и эффективность задач, распределение выгод асимметрично в пользу нескольких компаний (Bughin, 2024). Это отражает различия в ресурсах и возможностях ИИ между компаниями, в основном в доступе к данным, талантам в области ИИ и управлении ИИ. Основная проблема заключается не в недостатке технологического прогресса, а в неспособности общества равномерно распределить достижения и преимущества этих технологий. Чтобы избежать усугубления существующих неравенств, необходимо активизировать усилия по разработке справедливых политик и механизмов распределения технологий, которые будут доступны для более широких слоев общества. Вопрос о том, как эффективно справиться с этой задачей, остаётся ключевым для успешного движения вперёд.

Положительные примеры уже есть – некоторые государства ставят новые технологии, в частности ИИ на стратегический уровень. правительство Дубая запустило программу «Умный Дубай», которая представляет собой инициативу в рамках программы эмирата «Умный город», призванную сохранить свое нынешнее положение в качестве центра бизнеса и туризма, одновременно интегрируя ИТ, искусственный интеллект и интеллектуальные решения в инфраструктуру и процессы города. (Khan, 2017) На организацию Digital Dubai возложены четыре ключевые задачи: ускорить цифровую трансформацию города посредством стратегического партнерства с правительствами и организациями частного сектора, увеличить вклад цифровой экономики эмирата в ВВП города, создать и развивать цифровые компетенции национальных талантов, а также поддерживать и развивать Цифровое богатство Дубая и одновременное ускорение усилий Дубая по обеспечению кибербезопасности (Digital Dubai, 2024).

Это соответствует широкому стремлению города создать положительный опыт для всех ключевых заинтересованных сторон посредством технологических достижений. Общая концепция состоит в том, чтобы стать мировым лидером в области искусственного интеллекта к 2031 году, что включает создание Национальной программы искусственного интеллекта для стимулирования технологических и процедурных изменений во всех отраслях (Ministry of AI, 2024). Соответствующий сдвиг в сторону искусственного интеллекта и интеллектуальных услуг уже заметен в секторах туризма и гостеприимства Дубая.

Вероятнее всего благодаря современным технологиям Четвертой индустриальной революции, неравенство в доходах и расслоение общества будет нарастать во всем мире, как это было в конце 20 и начале 21 века. Согласно академическому исследованию, технологии автоматизации были основной движущей силой неравенства доходов в США за последние 40 лет. (Acemoglu, 2021). Искусственный интеллект, робототехника и новые сложные технологии вызвали и еще будут вызывать огромную пропасть в богатстве и неравенстве доходов. Всемирный экономический форум (ВЭФ) в отчете за

2020 год пришел к аналогичному выводу: «Новое поколение умных машин, вызванное быстрым развитием искусственного интеллекта и робототехники, потенциально может заменить значительную часть существующих человеческих рабочих мест» (Kande, 2020).

Работники с более низкой заработной платой сталкиваются с проблемами перераспределения, поскольку спрос снова смещается в сторону профессий с более высокой заработной платой как в Европе, так и в Соединенных Штатах. В профессиях с более низкой заработной платой, вероятно, будет наблюдаться снижение спроса, и работникам придется приобретать новые навыки для перехода на более высокооплачиваемую работу. Если этого не произойдет, существует риск более поляризованного рынка труда, на котором будет больше высокооплачиваемых рабочих мест, чем рабочих, и слишком много работников для существующих низкооплачиваемых рабочих мест. В связи с этим требуются решения на уровне правительств и крупных компаний с целью и для роста производительности, и для недопущения социальной катастрофы. Ускоренное внедрение технологий с активным обучением и перераспределением рабочей силы может помочь Европе достичь ежегодных темпов роста производительности. Однако медленное внедрение может привести к тому, что миллионы людей не смогут участвовать в будущем рынке труда (Nazan, 2024).

Существует также другая форма разделения и неравенства, которая представляет собой городское и сельское население. К сожалению, во многих странах мы видим, что в городских условиях качество жизни повышается, используется ИИ и внедряются концепции умного города, в то время как в сельской местности доступ к этим базовым услугам и их качество не гарантируются. Сможет ли ИИ быть полезен в сельской местности даже развитых стран, не говоря уже про страны третьего мира остается открытым вопросом. Важность темы инклюзивности становится все более актуальной в контексте обсуждений о возможности вовлечения людей, находящихся на низких социально-экономических уровнях, в финансовую деятельность. Финансово-технологические компании активно используют приложения искусственного интеллекта для достижения этой цели, которая заключается в интеграции малоимущих, бедных, женщин, молодежи и малого бизнеса в основной финансовый рынок (Mhlanga, 2024).

С другой стороны, при рассмотрении вопроса неравенства, следует обратить внимание и на возможности, которые предоставляет искусственный интеллект, а именно это и выравнивание доступа к информации, и специфические эффекты на производительность работников с различным уровнем квалификации. Один из ключевых аспектов генеративного ИИ заключается в том, что он помогает устранить информационное неравенство, предоставляя людям равный доступ к знаниям и взаимодействуя на естественном языке. Однако влияние ИИ на производительность сотрудников может варьироваться в зависимости от их уровня квалификации.

Например, значительный рост производительности часто наблюдается среди менее квалифицированных работников. В контакт-центрах ИИ значительно улучшает производительность и качество обслуживания менее опытных агентов, поскольку может им использовать методы, аналогичные тем, которые применяют их более опытные коллеги (Stepanov, 2021). В то же время ИИ может не увеличивать, а иногда даже снижать производительность и качество работы высококвалифицированных агентов. Это связано с тем, что опытные сотрудники уже обладают развитыми навыками и выстроенными процессами, а помощь ИИ может нарушать их привычные подходы или приводить к излишней стандартизации их работы.

Генеративный ИИ выравнивает доступ к информации и помогает менее квалифицированным работникам быстрее улучшать свои навыки. Это делает важными такие факторы, как экспертность, мотивация и волевые усилия для достижения целей. В условиях равного информационного поля, индивидуальные качества, такие как способность адаптироваться, применять знания и решать проблемы, будут всё больше определять успех каждого сотрудника и организации, где он работает, в целом.

Внедрение искусственного интеллекта поднимает серьезные этические вопросы, связанные с распространением незаконного контента, нарушениями авторских прав и конфиденциальности данных (Paul, 2024). Технологические стартапы, такие как Perplexity, поддерживаемый Amazon, зачастую не соблюдают авторские права и игнорируют технические ограничения, установленные для защиты контента. Perplexity, в частности, обучает свои модели ИИ на контенте, доступ к которому должен быть ограничен. Несмотря на технические рекомендации, стартап обходит меры безопасности, что ставит под сомнение этичность его действий (Kubera, 2024).

Среди основных правовых вопросов, касающихся ИИ, выделяются конфиденциальность, безопасность и государственное регулирование (Baker, 2012). Процесс сбора данных для обучения ИИ находится в состоянии правовой неопределенности, что приводит к увеличению числа судебных разбирательств относительно легитимности использования общедоступной информации. Основное обвинение заключается в том, что алгоритмы ИИ используют контент, защищенный авторским правом, в процессе обучения. В ответ на это крупные технологические компании демонстрируют ограниченную обеспокоенность данным вопросом, ссылаясь на «право на цитирование» как основание для использования подобного контента. В рамках этой позиции утверждается, что контент, размещенный в открытом доступе в интернете, может быть свободно использован для обучения искусственного интеллекта, если его авторы не указывают явного запрета на его использование (Holister, 2024). Одним из ярких примеров является компания Clearview AI, которая привлекла внимание за использование методов обучения, вызывающих юридические и этические вопросы. Однако Clearview AI не является единственной компанией, сталкивающейся с подобными проблемами; такие гиганты, как OpenAI, Microsoft и Google, также находятся на грани конфликта между законностью и этической обоснованностью своих действий, используя материалы, защищенные авторским правом, для обучения своих систем. В ответ на требования об уплате авторских отчислений OpenAI удалила 100,000 книг, на которых проводила обучение GPT-3 (Hi-Tech, 2024).

Отдельного внимания заслуживает влияние крупных технологических компаний, таких как Google, на бизнес-модели онлайн-компаний. В статье BBC (2024) описывается, как изменения в алгоритмах Google привели к кризису для многих небольших бизнесов, примером такой компании есть HouseFresh. Обновления алгоритмов, направленные на оптимизацию поиска, привели к резкому падению трафика и, как следствие, к сокращению персонала. Google внедряет новые функции, основанные на ИИ, такие как Search Generative Experience (SGE) и AI Overview, которые обеспечивают более высокую видимость данных, полученных с помощью ИИ, по сравнению с традиционными результатами поиска. Это изменение потенциально угрожает профессии SEO и изменяет восприятие поиска в целом.

Однако, несмотря на стремление Google избавиться от некачественного контента, малые и независимые вебсайты сообщают о снижении трафика в пользу крупных платформ, таких как Reddit, Instagram и LinkedIn, которые получают преимущество в поисковой выдаче, даже если их материалы не являются достоверными или релевантными. ИИ, используемый Google для генерации ответов, часто перехватывает трафик малых сайтов, что угрожает существованию оригинального контента и создает дисбаланс в распределении интернет-трафика. Согласно данным аналитического инструмента SEMrush, такие известные сайты, как New York Magazine и GQ.com, также потеряли значительную долю трафика, что свидетельствует о системной проблеме. Например, Urban Dictionary потерял около 18 миллионов просмотров страниц, что составляет более половины его поискового трафика (Hi-Tech, 2024).

Экологический след искусственного интеллекта

В условиях ускоряющихся климатических изменений и роста энергопотребления в мировом масштабе применение искусственного интеллекта и машинного обучения становится одним из ключевых

инструментов повышения энергоэффективности и смягчения последствий изменения климата. Изменение климата и рост энергопотребления представляют собой одни из самых острых вызовов для современного общества (Pimenova & Pimenov, 2023). Стремительное увеличение потребления энергии связано как с экономическим ростом, так и с технологическим развитием, что приводит к увеличению выбросов парниковых газов и ускорению глобальных климатических изменений.

В этих условиях необходимость поиска инновационных решений для повышения энергоэффективности становится всё более актуальной (Pimenov, 2024). В последние годы искусственный интеллект и машинное обучение стремительно развиваются, демонстрируя потенциал для решения сложных экологических проблем, включая повышение энергоэффективности и снижение выбросов углерода (Navarra, 2023; Ivanova, 2023). Однако влияние этих технологий на энергопотребление и изменение климата неоднозначно.

С одной стороны, ИИ обладает значительным потенциалом для решения глобальных задач, поставленных ООН, таких как изменение климата и другие сложные экологические и социальные проблемы (Bültmann, 2024). Благодаря прогнозированию энергопотребления, оптимизации работы энергетических систем и интеграции возобновляемых источников энергии, ИИ может стать ключевым инструментом в борьбе с климатическими изменениями (Enescu 2017; Meenal, 2022). В то же время, эти технологии активно используются для улучшения энергоэффективности зданий и промышленной инфраструктуры, что способствует снижению общего энергопотребления и минимизации воздействия на окружающую среду.

Применение ИИ охватывает широкий спектр задач — от прогнозирования энергопотребления до оптимизации работы энергетических систем в реальном времени (Mohammadi Lanbaran, 2024; Billio, 2024; Zhou, 2024; Ukoba, 2024). Важную роль в этих исследованиях играет применение машинного обучения (ML), которое используется для прогнозирования изменения климата и его воздействия на энергетические системы. Модели машинного обучения позволяют строить сценарии будущего энергопотребления и адаптировать инфраструктуру к новым условиям (Shafiq, 2024; Renganayagalu, 2024). Например, ИИ способен повысить эффективность возобновляемых источников энергии, таких как ветряные и солнечные электростанции, путем прогнозирования их производительности и оптимизации работы сети (Mohammadi Lanbaran, 2024; Ukoba, 2024), что особенно важно в процессе декарбонизации (Qiu, 2023).

Многие исследования подчеркивают необходимость разработки стратегий, направленных на адаптацию энергетических систем к изменяющимся условиям. ИИ играет ключевую роль в мониторинге, управлении и прогнозировании энергетических потребностей с учетом будущих климатических изменений. Это включает в себя оптимизацию распределения энергии, интеграцию возобновляемых источников и снижение нагрузки на энергосистемы в периоды пикового потребления (Billio, 2024; Um-e-Nabiba, 2024; Asif, 2024). В рамках этих исследований разрабатываются решения, направленные на повышение устойчивости энергетических систем и снижение их углеродного следа (Googooschurn, 2024).

С другой стороны, стремительный рост использования ИИ, особенно обучение крупных языковых моделей (LLM), сопровождается значительным увеличением энергозатрат (Henderson, 2020) что сильно негативно влияет на экологическую сферу. Техногиганты, такие как Google, OpenAI, Microsoft и другие, несмотря на свои амбициозные цели, сталкиваются с серьёзными трудностями на пути к достижению углеродной нейтральности к 2030 году (Konhäuser, 2024; Eilat, 2024). В своих отчетах Microsoft и Google сообщили о значительном увеличении их выбросов углекислого газа за последние четыре года (Kimball, 2024; BBC News, 2024). Возникает вопрос: сможет ли дальнейшее развитие ИИ, особенно его генеративной формы, сыграть роль в снижении углеродного следа, либо, напротив, приведет к еще большему росту углеродных выбросов. Высокие энергозатраты при создании и эксплуатации мощных ИИ-моделей подчёркивают противоречие между технологическим прогрессом и его экологическими последствиями (Hudaszek, 2024).

Энергетические затраты, связанные с функционированием технологий искусственного интеллекта, становятся все более значимым фактором в обсуждении их влияния на экологию. International Energy Agency (2024) прогнозирует, что к 2026 году потребление электроэнергии центрами обработки данных увеличится более чем вдвое по сравнению с уровнем 2022 года. Это означает, что мировой спрос на электроэнергию достигнет более 1000 тераватт-часов (ТВт·ч), что эквивалентно текущему годовому потреблению электроэнергии всей Японией. Такой значительный рост энергопотребления ставит под сомнение способность энергетических систем соответствовать возросшему спросу, особенно учитывая задержки в строительстве новых электростанций и центров обработки данных, а также возможное сопротивление на местном уровне.

Растущий спрос на электроэнергию для поддержки работы ИИ создает серьезные угрозы для глобальных усилий по борьбе с изменением климата. По оценкам, если увеличение использования ИИ и центров обработки данных продолжится такими же темпами, это приведет к росту выбросов углерода, что сведет на нет многие усилия, направленные на их сокращение (Hudaszek, 2024). Это становится особенно важным в контексте стремлений крупных технологических компаний достичь углеродной нейтральности и глобальных целей по сдерживанию изменений климата. В связи с этим, усилия ученых направлены на поиск решений по повышению энергоэффективности ИИ-систем и минимизации их негативного воздействия на окружающую среду.

Исследование применения ИИ и МО для повышения энергоэффективности открывает значительные перспективы для создания более устойчивого будущего, с минимальными негативными последствиями для окружающей среды (Pimenov, 2021; Moldavan, 2023), где технологии играют центральную роль в решении климатических проблем (Ukoba, 2024, Gu, 2024).

Одним из ключевых направлений применения ИИ и МО в устойчивом строительстве и зелёных технологиях. Эти технологии, особенно в городских условиях, играют важную роль в смягчении последствий эффектов городских тепловых островов и сокращении выбросов углерода. Комбинация физических симуляций и ИИ-моделей прогнозирования показывает большой потенциал для оптимизации энергопотребления, особенно в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC). Как показано в результатах, нейронные сети, модели CNN-LSTM и методы градиентного бустинга, такие как LightGBM и XGBoost, позволяют более точно прогнозировать энергопотребление, повышая энергоэффективность зданий до 22,3% (Shafiq, 2024). Это демонстрирует трансформационный потенциал ИИ в устойчивом развитии городов и зелёном строительстве.

Несмотря на этот прогресс, существуют значительные препятствия для внедрения ИИ в проекты повышения энергоэффективности, особенно в транспортной отрасли и промышленной автоматизации. Хотя ИИ и МО улучшают управление энергопотреблением и предсказательное обслуживание в промышленных секторах, высокое энергопотребление этих технологий, особенно крупных языковых моделей (LLM), создаёт проблему. Углеродный след, связанный с LLM, подчёркивает необходимость разработки более энергоэффективных вычислительных архитектур и оптимизации алгоритмов обучения для снижения их экологического воздействия.

Дополнительно следует отметить растущую роль ИИ в умных энергосетях, где данные в реальном времени, собираемые с помощью датчиков Интернета вещей (IoT), и алгоритмы на базе ИИ улучшают распределение энергии и управление нагрузками. Интеграция возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, выигрывает от возможностей ИИ по прогнозированию выработки энергии и оптимизации распределения ресурсов. Однако эти достижения сопровождаются вызовами, в частности поддержанием стабильности энергосетей и обеспечением масштабируемости решений на основе ИИ.

Ещё одной важной темой для обсуждения является использование ИИ в смягчении последствий изменения климата. Прогностические возможности ИИ играют ключевую роль в прогнозировании влияния климатических изменений на энергосистемы и разработке стратегий адаптации. Успешное применение МО в посткомбустийном углеродном захвате (PCCC) иллюстрирует потенциал ИИ для повышения эффективности процессов улавливания углерода, что критически важно для снижения

промышленных выбросов. Однако экономическая целесообразность этих технологий остаётся вызовом из-за их высокого энергопотребления, что подчёркивает необходимость дальнейшей оптимизации.

Также важна роль ИИ в интеграции возобновляемых источников энергии, что является ключевым фактором в глобальном переходе к низкоуглеродной экономике. Способность ИИ управлять и прогнозировать потребление энергии в системах с нестабильными возобновляемыми источниками энергии является важным преимуществом. Однако обеспечение надёжности этих систем в условиях изменяющейся окружающей среды остаётся предметом активных исследований.

Наконец, политические и нормативные рамки играют важную роль в поддержке внедрения ИИ в проекты повышения энергоэффективности. Результаты показывают, что инициативы государств, особенно те, которые согласуются с Целями устойчивого развития ООН, являются важным стимулом для использования возобновляемых источников энергии и мер повышения энергоэффективности, основанных на ИИ. Тем не менее, проблема энергетической бедности остаётся нерешённой во многих регионах, и ИИ может предложить целевые решения для выявления уязвимых домохозяйств и улучшения доступа к энергоэффективным технологиям.

Однако воздействие ИИ на экологию не ограничивается только вопросами энергопотребления. Одним из косвенных последствий внедрения ИИ является его использование в таких отраслях, как добыча ископаемых, быстрая мода и рыболовство, что дополнительно усугубляет экологические проблемы. Например, нефтегазовые компании активно используют ИИ для поиска и разработки новых месторождений полезных ископаемых, что стимулирует дальнейшую эксплуатацию природных ресурсов, вопреки глобальным усилиям по переходу к более чистым источникам энергии (Pimenov et al., 2024). Индустрия быстрой моды, в свою очередь, применяет ИИ для оптимизации производства и удовлетворения спроса на новую продукцию, что приводит к увеличению количества короткоживущих товаров и, как следствие, к накоплению отходов. Кроме того, ИИ используется рыболовными компаниями для более эффективного вылова рыбы, что увеличивает риск истощения морских ресурсов.

Потенциал влияния технологий ИИ в области устойчивого развития

При всех сценариях и последствиях влияния ИИ, которые мы обсудили выше, следует рассмотреть и позитивный потенциал применения технологий в цифровую эру. Инновационные технологии применяются в различных секторах, включая строительство, производство, образование и здравоохранение, способствуя достижению 17 ЦУР ООН (Hoosain, 2020). Так, исследование, посвящённое влиянию ИИ на достижение ЦУР ООН (Saeed, 2024), демонстрирует значительный потенциал технологий в различных областях.

Приложения ИИ уже активно применяются для моделирования белков, разработки вакцин, помощи уязвимым группам населения и решения климатических проблем, таких как раннее предупреждение о стихийных бедствиях. Генеративный ИИ может существенно расширить доступ к этим возможностям. Проанализировав более 1000 грантов и инвестиций в ИИ в 20 000 компаний по всему миру, исследование выявило три основных вывода. Во-первых, внедрение ИИ в ЦУР быстро растёт — зафиксировано более 600 случаев его использования, что втрое больше по сравнению с 2018 годом. Около 40% инвестиций в ИИ направлены на улучшение одной или нескольких областей ЦУР. Однако, пока, большинство проектов остаётся на этапе пилотных запусков и пока не масштабируется для значительного влияния. Инвестиции в основном направлены на начальную фазу, что ограничивает потенциал воздействия. Также выявлено значительное неравенство в распределении инвестиций между развитыми и развивающимися странами. Например, Китай получает значительные средства, тогда как развивающиеся страны получают гораздо меньшую долю, чем требуется в зависимости от их ВВП.

Наибольший потенциал применения ИИ наблюдается в пяти ЦУР: здоровье и благополучие, образование, борьба с изменением климата, чистая энергия и устойчивые города. Около 60% внедрений

ИИ сосредоточены в этих сферах. Однако такие области, как ликвидация бедности и голода, а также мир и справедливость (ЦУР 1, 2 и 16), могли бы получить значительную выгоду от расширенного использования ИИ. Примером успешного использования ИИ является платформа Outgrow в Индии, которая помогает фермерам прогнозировать и предотвращать болезни сельскохозяйственных культур, улучшая их урожайность и предоставляя консультации на родных языках через ИИ и НЛП. Платформа поддерживает более 18 видов культур и около 200 000 фермеров. Другие примеры позитивного влияния ИИ в области устойчивого развития и благополучия людей можно увидеть и в других сферах:

- *Здравоохранение.* Искусственный интеллект значительно ускоряет процессы разработки лекарств и диагностики заболеваний. Примером этого является клиника Майо, которая применяет ИИ для сокращения времени, необходимого для определения формы заболевания почек, с 45 минут до всего нескольких секунд (Mayo Clinic, 2024). Это достижение не только повышает эффективность диагностики, но и способствует своевременному лечению, что в конечном итоге улучшает результаты для пациентов.

- *Образование.* Внедрение ИИ в образовательный процесс позволяет персонализировать обучение и обеспечивать более широкий доступ к образовательным ресурсам. Это способствует адаптации учебных материалов к индивидуальным потребностям и стилям и темпу обучения студентов, что может повысить их вовлеченность и успеваемость.

- *Общественная безопасность.* ИИ может играть ключевую роль в повышении общественной безопасности за счет предоставления более точных прогнозов преступности и стихийных бедствий, особенно в условиях изменения климата. Использование аналитических инструментов на основе ИИ помогает правоохранительным органам и службам экстренной помощи более эффективно планировать свои действия и распределять ресурсы.

- *Инклюзивность.* Развитие вспомогательных технологий для людей с ограниченными возможностями является еще одним важным направлением. ИИ способствует созданию более доступной среды, обеспечивая людям с особыми потребностями возможность участвовать в обществе наравне с другими. Совершенствование этих технологий позволяет улучшить качество жизни и расширить возможности для социальной интеграции.

- *Энергопотребление.* Оптимизация конструкции здания и управления им, которая, по оценкам Министерства энергетики США, может сократить потребление энергии на объекте на 29% и более (Winston, 2024).

- *Управление энергосистемой и электросетью.* Балансировка спроса и предложения в сети за счет управления чрезвычайно сложной системой из миллиарда вещей, потребляющих электроэнергию (Aguilar-Pérez, 2023).

- *Продовольствие и сельское хозяйство.* Внедрение ИИ в «Точное земледелие» может повысить эффективность фермы на 20–40 % за счет лучшего прогнозирования погоды и более точного применения воды, удобрений или пестицидов. Инструменты ИИ также используются для сокращения шокирующих отходов продовольствия (по оценкам, только в США выбрасывается от 30 до 40 %), что позволяет экономить огромное количество встроенного углерода и воды.

- *Логистика и транспорт.* Улучшение транспортных потоков, сокращение простоев и сокращение количества аварий.

- *Цепочки поставок.* Снижение рисков, затрат, отходов и запасов за счет лучшего прогнозирования и управления.

- *Проектирование продукции.* Создание продукции с меньшим воздействием на жизненный цикл.

Повсеместное внедрение технологий искусственного интеллекта обладает значительным потенциалом для различных отраслей, однако горизонт реализации многих из этих преимуществ пока остается неопределенным. Это подчеркивает необходимость проведения более глубокого анализа и разработки комплексных стратегий использования ИИ, с целью минимизации его негативного воздей-

ствия на окружающую среду (Pimenowa et al., 2023) и максимального использования его возможностей. В противном случае, ускоренное развитие ИИ может привести не только к экологической деградации, но и к усилению уже существующих социально-экономических неравенств, вызванных автоматизацией.

Выводы. Развитие искусственного интеллекта и автоматизации провоцирует значительные изменения в экономических и политических структурах, ослабляя роль человеческого труда в создании добавленной стоимости. Снижение влияния среднего класса и усиление технократических моделей управления могут привести к ограничению демократического участия граждан и усилению социального неравенства. Возрастающая роль государства и технологических корпораций требует разработки новых механизмов для сохранения демократических ценностей и обеспечения социальной справедливости.

Внедрение технологий Индустрии 4.0 и генеративного ИИ несёт значительные риски для низкоквалифицированных рабочих мест, угрожая усилением социального неравенства, но также создаёт спрос на работников в высококвалифицированных секторах, таких как STEM и здравоохранение. Переквалификация и непрерывное обучение становятся важными стратегиями для адаптации к меняющимся требованиям рынка. При этом, интеграция ИИ с сохранением ключевой роли человека в управлении бизнес-процессами способствует более устойчивому использованию технологий и позволяет избежать полной автоматизации, которая может иметь негативные социальные и экономические последствия.

Развитие ИИ имеет потенциал для повышения энергоэффективности и снижения углеродного следа, особенно в областях, таких как умные энергосети и зелёное строительство. Тем не менее, высокая энергозатратность ИИ, особенно крупных языковых моделей, требует разработки энергоэффективных архитектур и алгоритмов. В долгосрочной перспективе успешное применение ИИ для достижения климатических целей требует разработки стратегий устойчивого использования технологий с учётом их воздействия на окружающую среду.

Использование ИИ требует новых регулятивных стандартов и механизмов для обеспечения справедливого и ответственного применения технологий, что особенно важно в вопросах защиты данных и авторских прав. Примеры, такие как изменения алгоритмов Google, показывают, как крупные технологические компании могут увеличивать неравенство, что подчёркивает необходимость создания стандартов, обеспечивающих баланс между инновациями и защитой прав. В этом контексте важно предусмотреть механизмы, способствующие инклюзивности и поддерживающие равенство возможностей для различных социально-экономических групп.

Технологии ИИ показывают значительный потенциал для достижения целей устойчивого развития ООН, особенно в таких областях, как здравоохранение и борьба с изменением климата. Тем не менее, большинство проектов остаются на пилотной стадии и сталкиваются с ограничениями по масштабу. Для максимизации положительного эффекта ИИ и минимизации рисков требуется внедрение комплексных стратегий, которые позволят технологиям оказать длительное позитивное влияние на общество и окружающую среду.

5.3. Запрос ключевых стейкхолдеров на прозрачность цифровой трансформации организаций и их устойчивость

Государство и общество

Государство и общество играют ключевую роль в формировании требований к прозрачности цифровой трансформации компаний, особенно в отношении *вопросов занятости и сохранения рабочих мест*. В условиях ускоренной автоматизации бизнес-процессов и внедрения искусственного интеллекта, государство и общество выступают как защитники интересов работников, требуя от компаний учета социальных аспектов цифровой трансформации. Основной фокус этих стейкхолдеров — *баланс между технологическим прогрессом и сохранением стабильности занятости*.

Влияние автоматизации на рынок труда. Одной из главных проблем, связанных с внедрением ИИ и автоматизацией, является угроза для рабочих мест. В процессе автоматизации многие рутинные или механические задачи могут быть переданы машинам, что приводит к сокращению рабочих мест в некоторых секторах экономики. Этот процесс вызывает опасения у государств, так как рост безработицы может привести к социальным потрясениям, увеличению социального неравенства и появлению новых вызовов для государства в виде увеличения расходов на социальную помощь и поддержку безработных. Государство, как ключевой стейкхолдер, заинтересовано в том, чтобы компании внедряли ИИ и другие технологии без резкого увеличения безработицы, что требует более прозрачного и ответственного подхода к автоматизации.

Стабилизация занятости через переквалификацию. В то время как автоматизация может привести к сокращению рабочих мест, государство и общество требуют от компаний разработки стратегий, направленных на переквалификацию сотрудников и создание новых рабочих мест в более технологически развитых областях. Государство, в частности, настаивает на том, чтобы компании инвестировали и принимали участие в программах переквалификации, которые позволяют работникам адаптироваться к новым технологическим реалиям.

Прозрачность в управлении занятостью в контексте цифровой трансформации становится важным аспектом. Компании должны раскрывать информацию о том, как они:

- Планируют автоматизацию бизнес-процессов;
- Какие программы по переквалификации и обучению сотрудников будут реализованы, в какие сроки, сколько в них будет инвестировано денег;
- Как они будут минимизировать негативные социальные последствия автоматизации.

Компании, которые открыто демонстрируют свои усилия в этих областях, укрепляют свою социальную репутацию и получают доверие государства и общества. Прозрачность в этих вопросах помогает минимизировать социальные риски и создать условия для более устойчивого внедрения ИИ, ориентированного на социальное развитие и благополучие. Такой подход позволит сохранить доверие общества и государства к компаниям, которые будут демонстрировать готовность не только извлекать выгоду из технологий, но и вносить вклад в социальную стабильность через обучение и сохранение рабочих мест.

Сокращение рабочего времени. С другой стороны, кроме требований по переквалификации, стоит рассмотреть перспективы сокращения рабочего времени как возможного социального эффекта от использования новых технологий. С автоматизацией и внедрением ИИ компании могут достигать более высокой производительности с меньшими затратами времени. Это открывает возможность для создания новых рабочих моделей, которые предполагают сокращение рабочего времени без снижения оплаты труда и ущерба для производительности.

Государство и общество активно обсуждают перспективы трех- или четырехдневной рабочей недели как способа перераспределения части выгоды, которую получают компании от цифровой трансформации, в пользу сотрудников. Такой подход может быть одним из социальных ответов на рост автоматизации: вместо того чтобы концентрировать выгоды исключительно на уровне компаний, возможно перераспределение в виде сокращения рабочих часов, что может способствовать улучшению качества жизни работников.

Государство как стейкхолдер может вводить законодательные меры, направленные на поддержку моделей работы с сокращенным временем, что будет способствовать устойчивому развитию общества. Общество, в свою очередь, выражает запрос на баланс между работой и личной жизнью, который может быть достигнут благодаря более гибким рабочим условиям, поддерживаемым технологиями ИИ.

Государственное регулирование и контроль. Государство также выступает как регулятор, который может вводить правовые рамки для автоматизации и внедрения ИИ с целью защиты работников

от негативных последствий технологического прогресса. Одним из примеров является разработка законов, направленных на регулирование прав работников в условиях автоматизации. В этом контексте государство может потребовать от компаний:

- Предоставления отчетов о влиянии цифровой трансформации на рынок труда;
- Обеспечения защиты прав сотрудников в условиях перехода на цифровые технологии;
- Введения обязательных программ переквалификации для работников, чьи рабочие места находятся под угрозой;
- Обеспечения доступности таких программ для всех категорий работников, а не только тех, чьи рабочие места находятся под угрозой автоматизации;
- Участия в партнерских программах с государственными учебными учреждениями и инициативами по подготовке кадров к работе с новыми технологиями;
- Раскрытия, как их ИИ-системы принимают решения, чтобы избежать алгоритмической предвзятости и гарантировать, что решения, основанные на ИИ, не дискриминируют определенные группы людей;
- Обеспечения высоких стандартов защиты персональных данных и информирования пользователей о том, как их данные используются в ИИ-системах;
- Введения со стороны компаний, которые проходят цифровую трансформацию, систем отчетности и контроля, позволяющих оценивать, как ИИ влияет на бизнес-процессы и социальные аспекты.

Таким образом, государство, в союзе с обществом, может выступать инициатором разработки нормативной базы и требований к прозрачности в процессе цифровой трансформации. Это способствует формированию ответственной корпоративной практики при цифровой трансформации компаний, где автоматизация не ведет к резкому увеличению безработицы, а компании предоставляют детализированную информацию о своей стратегии сохранения рабочих мест и поддержки сотрудников.

В этом контексте стоит более детально посмотреть на существующую практику государственного регулирования. В последние годы правительства и международные организации всё активнее занимаются разработкой нормативных актов, регулирующих внедрение технологий искусственного интеллекта и цифровой трансформации. Эти инициативы направлены на создание правовых рамок, обеспечивающих не только техническую безопасность и эффективность ИИ, но и его этическое использование, которое учитывает социальные, экономические и правовые аспекты. Одним из наиболее значимых шагов в этом направлении стал AI Act, предложенный Европейским Союзом, а также аналогичные инициативы в других странах.

AI Act в Европейском Союзе. AI Act (Закон об искусственном интеллекте), предложенный Европейской комиссией в 2021 году, является первым в мире комплексным законодательным актом, регулирующим использование ИИ. Основная цель этого закона — создать систему регулирования, которая обеспечит безопасное и этическое использование ИИ в различных секторах экономики. AI Act основывается на риск-ориентированном подходе, что подразумевает классификацию ИИ-систем по уровням риска, которые они представляют для пользователей и общества. Основные положения AI Act:

- ИИ-системы делятся на четыре категории в зависимости от уровня риска: неприемлемые риски, высокие риски, ограниченные риски и минимальные риски. Неприемлемые системы, например, системы социального рейтинга, запрещены, в то время как высокорисковые системы (например, для банковских или медицинских услуг) подлежат строгому регулированию.
- Для систем, представляющих высокие риски, устанавливаются строгие требования к прозрачности, безопасности, управлению данными, а также к проведению регулярных проверок и сертификаций.
- AI Act также направлен на предотвращение алгоритмической дискриминации, обеспечение конфиденциальности данных и соблюдение основных прав человека при использовании ИИ.
- Разработчики ИИ обязаны обеспечивать соответствие своих систем требованиям AI Act, а также предоставлять подробные отчеты о том, как их ИИ-системы работают, как они тестируются и как управляются риски.

Этот законопроект призван обеспечить безопасное использование ИИ на всей территории Европейского Союза, а также стимулировать инновации, создавая единые правила и требования для компаний, разрабатывающих и внедряющих ИИ.

Другие международные инициативы. Помимо Европейского Союза, другие страны также разрабатывают свои подходы к регулированию ИИ и цифровой трансформации. Важной тенденцией является интеграция вопросов этики, социальной ответственности и защиты прав человека в нормативные акты.

— *США.* В Соединенных Штатах активно обсуждаются вопросы, связанные с регулированием ИИ. В частности, существует несколько инициатив на уровне федеральных агентств, таких как Федеральная торговая комиссия (FTC), которая требует прозрачности и честности в использовании ИИ для принятия решений, особенно в таких чувствительных областях, как кредитование и трудоустройство. Также обсуждаются возможные меры регулирования алгоритмической предвзятости и этических вопросов использования ИИ.

— *Китай.* Китайское правительство активно продвигает нормативные акты, связанные с развитием ИИ, уделяя особое внимание вопросам кибербезопасности и контроля над данными. В 2022 году Китай опубликовал Этические принципы ИИ, которые требуют, чтобы разработка и применение ИИ соответствовали интересам общественной безопасности, социальной справедливости и этике. Китай также стремится к глобальному лидерству в области ИИ, развивая как государственные, так и частные инициативы.

— *Глобальные инициативы.* В рамках международных организаций, таких как Организация экономического сотрудничества и развития (OECD), также разрабатываются принципы и стандарты для управления ИИ. В частности, OECD предлагает Рекомендации по управлению ИИ, которые сосредоточены на прозрачности, подотчетности, защите прав человека и обеспечении доверия общества к технологиям ИИ.

Налоговая политика. Государство обладает дополнительным фискальным механизмом регулирования — посредством налоговой политики. Одним из инструментов может стать введение повышенных налоговых ставок для компаний, находящихся на этапе цифровой трансформации и активно заменяющих человеческий труд на роботов и искусственный интеллект, но при этом не выполняющих социальные обязательства по переквалификации работников и не оказывающих поддержку занятости. В результате эти средства могут быть направлены на выравнивание негативных социальных последствий от цифровой трансформации компаний.

Инвесторы

В условиях цифровой трансформации бизнеса, одной из ключевых групп стейкхолдеров выступают инвесторы, интересы которых существенно отличаются от запросов государства и общества. Инвесторы ориентированы на оценку рисков и возможностей, связанных с внедрением искусственного интеллекта, а также на прозрачность со стороны компаний в отношении того, как ИИ влияет на их операционные и финансовые показатели. Для инвесторов важен не только текущий потенциал технологий, но и долгосрочная устойчивость бизнеса, включая интеграцию ИИ в стратегические планы и его соответствие требованиям устойчивого развития, аналогичным ESG (Экологическим, Социальным и Корпоративным Управлением).

Оценка рисков и возможностей, связанных с внедрением цифровых технологий и ИИ. Для инвесторов внедрение ИИ представляет собой как значительные возможности для увеличения доходности бизнеса, так и риски, связанные с применением новых технологий. Оценка рисков и возможностей играет ключевую роль в принятии инвестиционных решений, и инвесторы ожидают от компаний предоставления полной и объективной информации о возможных последствиях цифровой трансформации каждой отдельно взятой компании.

Среди возможностей, которые инвесторы ожидают увидеть в открытой компаниями информации находятся такие как: во-первых, повышение операционной эффективности за счет автоматизации

процессов и снижения затрат; во-вторых, улучшение качества продуктов и услуг благодаря внедрению технологий ИИ, в том числе для анализа данных и прогнозирования рыночных тенденций; в-третьих, расширение возможностей персонализации и улучшение взаимодействия с клиентами, что может способствовать увеличению доходов.

В то же время инвесторов беспокоят регулятивные риски, так как с ростом регулирования ИИ со стороны государства (например, AI Act в ЕС) компании могут столкнуться с новыми затратами на соответствие нормативным требованиям. Неэтичное использование ИИ может привести к репутационным потерям — например, в виде дискриминации через алгоритмическую предвзятость, может повредить репутации компании и привести к потере доверия потребителей и, как следствие, инвесторов. А рост зависимости компаний от ИИ и цифровых технологий увеличивает угрозу кибератак, что создает новые вызовы для защиты данных и безопасности и может привести к финансовым потерям и утере данных.

Инвесторы ожидают, что компании будут раскрывать информацию о том, как они управляют этими рисками, и какие меры предпринимаются для минимизации возможных негативных последствий, связанных с использованием ИИ. Прозрачная отчетность в этих вопросах помогает снизить неопределенность для инвесторов и повысить их уверенность в устойчивости бизнеса.

Прозрачность для инвесторов. Одним из ключевых требований инвесторов в условиях цифровой трансформации является прозрачность компаний относительно того, как они внедряют технологии и управляют связанными рисками и возможностями. Компании, которые предоставляют полные и точные данные о своих стратегиях в области цифровой трансформации, имеют больше шансов привлечь долгосрочные инвестиции. При этом такая отчетность для инвесторов должна включать следующие аспекты:

- Цели и стратегия внедрения технологий. Как технологии интегрированы в операционные процессы и бизнес-модель компании. Например, насколько глубоко ИИ влияет на цепочки поставок, производство, маркетинг или управление персоналом.
- Финансовые результаты от внедрения ИИ. Ожидания относительно окупаемости инвестиций в цифровую трансформацию и прогнозы роста на основе применения этих технологий. Инвесторы заинтересованы в понимании того, как эти процессы влияют на прибыльность и рост компании.
- Управление рисками. В этой области инвесторов интересует, какие стратегии компания разрабатывает для минимизации рисков, связанных с кибербезопасностью, алгоритмической предвзятостью или несоответствием нормативным требованиям.

Компании, которые могут предложить высокую степень прозрачности в отчетности по ИИ, получают значительное преимущество на рынке, так как инвесторы становятся более уверенными в том, что риски управляемы, а технологии способствуют долгосрочному росту бизнеса. Отчетность по ИИ также позволяет инвесторам лучше оценивать потенциал бизнеса и сопоставлять его с конкурентами, что существенно влияет на принятие инвестиционных решений.

Включение компаниями цифровой трансформации в долгосрочные стратегии устойчивого развития. Инвесторов волнует, насколько компания готова к будущим вызовам и возможностям, связанным с цифровизацией. Они хотят видеть компанию, способную внедрять новые технологии, снижать издержки за счет автоматизации и сохранять долгосрочную конкурентоспособность.

Большинство крупных компаний готовит нефинансовую отчетность по критериям ESG, что в свою очередь является элементом инвестиционного анализа при принятии решения о инвестициях. Цифровая трансформация создает новые возможности для компаний расширить свои долгосрочные стратегии устойчивого развития, включив в них прозрачность в области цифровой трансформации. Интеграция ИИ в ESG-стратегии компании может выражаться в следующих аспектах:

- Социальная ответственность: использование ИИ для улучшения условий труда, например, путем автоматизации рутинных задач, предоставления сотрудникам возможности для переквалификации и уменьшения количества рабочих часов без сокращения оплаты труда. Кроме того, ИИ может

способствовать социальной справедливости, если компании будут использовать прозрачные и справедливые алгоритмы, исключающие дискриминацию.

- Экологическая устойчивость: компании могут внедрять ИИ для улучшения экологической эффективности, например, через оптимизацию использования ресурсов или снижение выбросов углерода. Для инвесторов важна информация о том, как ИИ помогает компании достигать экологических целей, и сколько это денег им стоит.

- Корпоративное управление: управление цифровой трансформацией и этическим использованием ИИ становится важной частью корпоративного управления. Прозрачность в вопросах использования ИИ, соблюдения нормативных требований и управления рисками способствует укреплению доверия со стороны инвесторов.

Компании, которые демонстрируют, что их цифровая трансформация соответствует ESG-принципам, получают доступ к более широкому спектру устойчивых инвестиций, поскольку они представляют собой долгосрочно устойчивые предприятия с минимальными рисками.

Сотрудники

Цифровая трансформация компаний оказывает значительное влияние на такую категорию заинтересованных сторон как сотрудники, изменяя как условия труда, так и их карьерные перспективы. В процессе внедрения технологий, таких как ИИ, автоматизация и роботизация, сотрудники сталкиваются с новыми вызовами и ожиданиями. Основные аспекты, которые волнуют работников в условиях цифровой трансформации, включают стабильность рабочих мест, безопасность условий труда, сокращение рабочего времени и гибкость без снижения заработной платы, а также создание цифровых центров компетенций, которые помогут им адаптироваться к новым условиям.

Стабильность рабочих мест. Одним из главных опасений сотрудников в контексте цифровой трансформации является угроза потери рабочих мест из-за автоматизации. Как мы увидели в нашем исследовании, технологии ИИ могут заменить не только рутинные и низкоквалифицированные задачи, но и интеллектуальные, что создает риск для многих категорий работников. Стабильность рабочих мест становится ключевым фактором, определяющим восприятие сотрудников относительно цифровой трансформации. Работники ожидают, что компании будут принимать меры для обеспечения их занятости, создавая новые возможности для переквалификации и адаптации к новым условиям труда.

Компании, стремящиеся сохранить доверие и лояльность сотрудников, должны не только обеспечивать стабильность занятости, но и активно инвестировать в программы переквалификации, позволяющие работникам переходить на новые должности, связанные с управлением и взаимодействием с цифровыми системами. Это может включать как внутренние программы обучения, так и сотрудничество с внешними образовательными организациями.

Безопасность условий труда. Автоматизация и цифровизация процессов также влияют на условия труда. Ожидания сотрудников в этом контексте касаются не только физической безопасности, но и защиты от новых технологических рисков, таких как киберугрозы, стресс, связанный с цифровыми системами, и потенциальная потеря контроля над самой технологией ИИ. Технологии ИИ и автоматизация должны использоваться таким образом, чтобы обеспечить защиту работников от новых угроз и минимизировать негативное воздействие на их здоровье.

Кроме того, внедрение ИИ может улучшить условия труда, позволяя автоматизировать физически трудные или опасные задачи. Хорошим примером есть выполнение роботами опасных задач, например, на высоте или в сложных погодных условиях, что позитивно влияет на безопасность сотрудников. Это, в свою очередь, приведет к снижению профессиональных рисков, но потребует от компаний разрабатывать прозрачные стратегии по управлению новыми цифровыми системами и их безопасной интеграции в рабочие процессы.

Сокращение рабочего времени и гибкость без снижения оплаты. Цифровая трансформация открывает новые возможности для повышения производительности за счет автоматизации и ИИ, что, в

свою очередь, может привести к сокращению рабочего времени без снижения уровня заработной платы. Сотрудники ожидают, что внедрение технологий позволит улучшить баланс между работой и личной жизнью за счет более гибких графиков и сокращения рабочих часов.

Гибкость рабочего времени, особенно в сочетании с удаленной работой или гибридными моделями, становится одним из основных запросов сотрудников. В то же время, важным остается требование к компаниям обеспечить сохранение уровня оплаты, несмотря на возможное снижение количества рабочих часов. Внедрение ИИ должно не только повышать производительность, но и перераспределять выгоды от этого процесса в пользу работников, способствуя улучшению их условий труда и качества жизни.

Цифровые центры компетенций. В условиях цифровой трансформации компании все чаще создают центры компетенций, которые позволяют сотрудникам осваивать новые навыки и адаптироваться к изменениям на рынке труда. Такие центры играют ключевую роль в подготовке работников к взаимодействию с цифровыми технологиями и ИИ, обеспечивая доступ к обучению новым навыкам.

Сотрудники ожидают, что компании будут инвестировать в создание цифровых центров компетенций, где они смогут получать актуальные знания и навыки для работы в условиях цифровой экономики. Это особенно важно для тех работников, чьи рабочие места находятся под угрозой автоматизации. Предоставление возможностей для непрерывного обучения и освоения новых технологий помогает сотрудникам чувствовать себя более защищенными и мотивированными.

Клиенты

Клиенты, как одна из ключевых заинтересованных сторон цифровой трансформации, сталкиваются с новыми возможностями и угрозами, вызванными внедрением технологий искусственного интеллекта и автоматизации в бизнес-процессы компаний. Основные ожидания клиентов связаны с улучшением персонализированного обслуживания, повышением удобства и качества предлагаемых продуктов и услуг. Однако наряду с этим возникают риски, такие как конфиденциальность данных и прозрачность алгоритмов, которые могут повлиять на уровень доверия к компаниям.

Ожидания клиентов. Одним из главных преимуществ цифровой трансформации для клиентов является возможность получения более персонализированного обслуживания. Системы ИИ, анализируя большие объемы данных, позволяют компаниям лучше понимать предпочтения и поведение клиентов, предлагая им более релевантные товары и услуги. Клиенты ожидают, что компании будут использовать цифровые технологии для улучшения их взаимодействия с брендом, повышения скорости обслуживания и точности рекомендаций.

Персонализированные предложения и автоматизированные системы обслуживания (например, чат-боты) дают клиентам возможность получать решения быстрее и с минимальными затратами времени, что увеличивает их удовлетворенность. Внедрение ИИ позволяет компаниям в режиме реального времени анализировать поведение клиентов и адаптировать свои предложения под конкретные предпочтения клиентов, благодаря анализу данных и гибким цифровым платформам. Клиенты также ждут от компаний большей адаптивности в вопросах условий оплаты, возвратов и обслуживания, что становится важным элементом их общего опыта взаимодействия с брендом.

Цифровая трансформация позволяет компаниям предлагать своим клиентам новые цифровые каналы для взаимодействия, такие как мобильные приложения, онлайн-платформы и автоматизированные системы поддержки. В связи с этим, ожидания клиентов связаны с тем, что компании обеспечат удобный доступ к своим продуктам и услугам, независимо от их географического положения или устройства. Бесшовные взаимодействия через различные каналы (омниканальность), доступность услуг в любое время в режиме 24/7 и возможность решения вопросов или проблем без необходимости физического присутствия являются важными существенными вопросами, которые лежат в плоскости интересов клиентов как ключевых стейкхолдеров.

Современные клиенты становятся все более требовательными в отношении прозрачности цепочек поставок. Они ожидают, что компании будут открыто предоставлять информацию о том, как производятся продукты, откуда поступают ресурсы и как соблюдаются этические и экологические стандарты. Цифровые технологии, такие как блокчейн и IoT, позволяют компаниям повысить прозрачность цепочки поставок и предоставлять клиентам детализированные данные о происхождении и устойчивости товаров, что становится важным фактором для многих потребителей (Britchenko, & Cherniavska, 2019).

Угрозы для клиентов. Несмотря на многочисленные преимущества, клиенты также сталкиваются с новыми рисками, связанными с использованием в компаниях ИИ, автоматизации и роботизации процессов. Одним из главных вопросов является конфиденциальность данных. В условиях цифровой трансформации компании собирают и анализируют огромные объемы персональных данных, что создает угрозу их утечки или неправильного использования. Клиенты всё больше осознают важность защиты своих данных и ожидают от компаний прозрачности в том, как их информация собирается, обрабатывается и хранится.

Клиенты хотят видеть, что компании не только защищают их данные, но и используют их этично и ответственно. Например, если данные собираются для персонализации опыта или разработки новых продуктов, клиенты ожидают, что это будет сделано в их интересах и без манипуляций. Эти ожидания включают: во-первых, прозрачные механизмы для предоставления согласия на использование данных; во-вторых, возможность для клиентов контролировать, как и для каких целей их данные используются; в-третьих, ответственное использование данных без навязчивого маркетинга или манипуляций с помощью алгоритмов.

Другой важной угрозой является прозрачность и объяснимость алгоритмов, используемых для принятия решений, которые могут напрямую влиять на клиентов. Алгоритмическая предвзятость или несправедливые решения, основанные на данных, могут подорвать доверие к компании. Клиенты ожидают, что компании будут обеспечивать прозрачность в работе ИИ-систем, предоставляя информацию о том, как принимаются решения и как гарантируется справедливость и нейтральность алгоритмов. Прозрачность и этичное использование данных и ИИ становятся ключевыми факторами доверия клиентов в условиях цифровой экономики.

Выводы. Государство и общество занимают центральное место в управлении и регулировании цифровой трансформации, направляя компании к социально ответственному и прозрачному использованию технологий. Защита интересов работников становится приоритетной задачей, что требует от бизнеса обязательной отчетности, участия в программах профессиональной переквалификации и адаптации сотрудников. Инициативы, такие как AI Act в ЕС, иллюстрируют прогресс в создании правовых рамок, направленных на предотвращение дискриминации и обеспечение прозрачности использования ИИ, что также способствует защите прав работников.

Для инвесторов прозрачная отчетность по вопросам ИИ и цифровой трансформации играет ключевую роль при оценке рисков и возможностей. Компании, которые интегрируют ИИ в свои стратегии устойчивого развития и готовы раскрывать ключевые аспекты цифровой трансформации, с большей вероятностью привлекут долгосрочные инвестиции, укрепляя доверие инвесторов к устойчивому росту своего бизнеса.

Сотрудники, как важные стейкхолдеры, ожидают, что компании будут поддерживать стабильность рабочих мест, снижать количество рабочих часов без снижения оплаты и улучшать условия труда, адаптируя их к новым технологическим реалиям. Создание цифровых центров компетенций способствует успешной интеграции работников в цифровую трансформацию, помогая им адаптироваться к новым условиям и развивать востребованные навыки. Такой подход снижает технологические риски и укрепляет доверие сотрудников, позволяя рассматривать ИИ как инструмент профессионального роста, а не угрозу.

Цифровая трансформация предоставляет клиентам значительные выгоды, такие как персонализация и доступность, но также несет новые риски, включая конфиденциальность данных. Современные

клиенты ожидают от компаний прозрачности в использовании алгоритмов и данных, а также внедрения этических стандартов и ответственного подхода к цифровым процессам. Компании, которые успешно сочетают инновации с этикой, получают лояльность клиентов и конкурентное преимущество, поддерживая устойчивость в условиях цифровой эры.

5.4. Корпоративная технологическая ответственность: параллели с корпоративной социальной ответственностью

Цифровая трансформация сегодня является ключевым стратегическим приоритетом для компаний, предлагая значительные возможности для повышения эффективности и создания новых бизнес-моделей. Однако она также представляет вызовы, связанные с рисками автоматизации, управлением данными и необходимостью адаптации сотрудников к новым технологиям. Эти изменения затрагивают не только внутренние процессы компаний, но и их взаимодействие с клиентами, партнерами и обществом, требуя новых подходов к управлению и корпоративной ответственности. Для устойчивого успеха цифровой трансформации необходима прозрачность и этическое использование технологий, особенно искусственного интеллекта, что позволяет провести параллели с эволюцией корпоративной социальной ответственности (КСО) и её ролью в развитии устойчивости компаний.

История становления КСО и переход к устойчивому развитию. Эволюция КСО прошла несколько ключевых этапов, отражая изменения в восприятии роли бизнеса в обществе. В середине XX века внимание к социальной ответственности компаний было минимальным, основной акцент делался на максимизацию прибыли для акционеров. Однако уже в 1970-80-е годы, на фоне роста общественного давления и осознания глобальных экологических и социальных проблем, стало очевидным, что бизнес должен принимать на себя ответственность за своё воздействие на общество и окружающую среду.

КСО зародилась как концепция, направленная на интеграцию социальных и экологических аспектов в корпоративное управление. Первоначально компании внедряли программы социальной ответственности под влиянием общественного давления и негосударственных организаций, требующих от бизнеса активного участия в решении таких проблем, как загрязнение окружающей среды, неравенство и бедность.

К началу 1990-х годов в международной практике начали появляться более формализованные подходы к КСО. Это было связано с глобальными инициативами, такими как Рио-де-Жанейрская конференция по окружающей среде и развитию (1992) и Киотский протокол (1997), которые заострили внимание на изменении климата и негативном воздействии промышленности на экосистемы. Постепенно КСО трансформировалась из добровольной инициативы в обязательный элемент корпоративной стратегии. Многие компании стали видеть в КСО не только инструмент для управления репутацией, но и способ повышения конкурентоспособности, особенно в условиях ужесточения регулятивных требований и возросших ожиданий потребителей.

К 2000-м годам КСО начала интегрироваться в концепцию устойчивого развития, где бизнес стал ключевым игроком в достижении глобальных целей. Важным моментом стало принятие Целей устойчивого развития ООН (SDGs) в 2015 году, которые закрепили концепцию устойчивости как долгосрочной бизнес-стратегии, направленной на обеспечение баланса между экономическим ростом, защитой окружающей среды и социальной справедливостью.

Роль нефинансовой отчетности для повышения прозрачности и ответственности компаний. Развитие КСО тесно связано с внедрением нефинансовой отчетности, которая позволяет оценивать социальные, экологические и управленческие аспекты деятельности компаний. В отличие от традиционной финансовой отчетности, которая фокусируется на экономических показателях, нефинансовая отчетность расширяет представление о воздействии бизнеса на общество и окружающую среду. Это значительно повысило уровень прозрачности и подотчетности компаний перед их стейкхолдерами.

Активное развитие нефинансовой отчетности началось в ответ на рост ожиданий со стороны общества, инвесторов и регуляторов. Общество и регуляторы требовали от компаний раскрытия данных о том, как они управляют своим воздействием на окружающую среду и социальные проблемы, а также соблюдают этические стандарты. В 1997 году была создана инициатива Global Reporting Initiative (GRI), которая предоставила бизнесу универсальный инструмент для раскрытия нефинансовой информации, основанный на стандартизированных принципах и критериях. Это позволило систематизировать и стандартизировать раскрытие данных в таких областях, как экология, социальная ответственность и корпоративное управление (ESG).

Прозрачность и ответственность стали основными принципами, лежащими в основе нефинансовой отчетности. Прозрачность подразумевает готовность компаний открыто предоставлять объективную информацию о своём воздействии на окружающую среду, общество и экономику. Ответственность выражается в том, как компании управляют своими ресурсами и рисками, влияющими на устойчивое развитие, и как они готовы отвечать перед своими стейкхолдерами за свои действия.

Нефинансовая отчетность сыграла важную роль в создании условий для справедливой оценки компаний со стороны инвесторов, которые стали учитывать не только финансовые показатели, но и нефинансовые риски, такие как экологические катастрофы или социальные конфликты. Индексы, такие как Dow Jones Sustainability Index (DJSI), позволяют инвесторам ранжировать компании на основе их результатов в области устойчивого развития, что повлияло на инвестиционные решения (Cerin, 2001).

Также регуляторы ряда стран начали внедрять обязательные требования по раскрытию нефинансовой информации. Например, Директива ЕС по раскрытию нефинансовой информации (2017) обязывает крупные компании предоставлять информацию по ключевым ESG-факторам, что подтверждает важность нефинансовой отчетности как неотъемлемой части корпоративного управления рисками и стратегического планирования.

Ответственная цифровая трансформация компаний. Цифровая трансформация, включая внедрение технологий искусственного интеллекта, представляет для компаний не только новые возможности, но и существенные риски, требующие прозрачности и ответственности. Как и в случае с корпоративной социальной ответственностью, которая возникла в ответ на потребность общества и регуляторов в большей открытости и подотчетности бизнеса, вопросы, связанные с ИИ и цифровой трансформацией, требуют аналогичных мер. Эти технологии уже оказывают значительное воздействие на экономику, общество и рынок труда, создавая новые риски и вызовы для стейкхолдеров.

Как в свое время КСО требовала от компаний принятия на себя ответственности за влияние на окружающую среду и социальные аспекты, так и цифровая трансформация, особенно в контексте ИИ, требует прозрачности в том, как компании внедряют эти технологии и управляют рисками, связанными с ними. В этом контексте можно провести несколько ключевых параллелей:

- *Влияние на общество и рынок труда.* Во-первых, ИИ, как и другие технологии, оказывает трансформирующее воздействие на рынок труда, создавая угрозы для рабочих мест в результате автоматизации и внедрения машинного обучения. Это напоминает социальные вызовы, с которыми сталкивались компании при внедрении программ КСО — необходимость обеспечения справедливого труда, минимизация социального неравенства и создание программ по защите прав человека. Внедрение ИИ требует не только экономической эффективности, но и социальной ответственности за занятость сотрудников, их переквалификацию и адаптацию к новым условиям.

Прозрачность в отношении влияния ИИ на рабочие места могут позволить компаниям показать, как они управляют процессом автоматизации, предотвращают негативные социальные последствия и поддерживают устойчивое развитие рабочих сил. Это похоже на обязательства компаний в рамках КСО по обеспечению прав человека и предотвращению социальной несправедливости.

- *Этика и ответственность за использование технологий.* Во-вторых, как КСО требует от компаний соблюдения этических стандартов, так и ИИ поднимает вопросы этики, связанные с алгорит-

мической предвзятостью, конфиденциальностью данных и использованием персональной информации. Прозрачность в том, как компании используют ИИ, как они разрабатывают и применяют алгоритмы, становится критически важной для предотвращения дискриминации и несправедливого использования данных. Внедрение стандартов и отчетности по ИИ позволит обеспечить, что технологии применяются этично и не нарушают права человека. Параллельно с этическими стандартами в КСО, компании, внедряющие ИИ, должны продемонстрировать, что их алгоритмы защищают интересы пользователей и не угрожают правам человека, будь то вопросы защиты данных или предотвращения предвзятости алгоритмов. Отчетность по этическому использованию ИИ может стать неотъемлемой важной частью корпоративной подотчетности, как и отчетность по социальным и экологическим аспектам в рамках КСО.

— *Прозрачность для инвесторов и регуляторов.* В-третьих, так же как нефинансовая отчетность по ESG-факторам позволяет инвесторам оценивать устойчивость компаний, прозрачность в отношении использования ИИ и его воздействия на бизнес и общество становится важным критерием для инвесторов. Отчетность по ИИ даст инвесторам информацию о том, как компании управляют рисками автоматизации, защитой данных и внедрением новых технологий, что поможет им принимать более обоснованные инвестиционные решения. Параллельно с развитием отчетности в сфере устойчивого развития, компании должны будут раскрывать информацию о своих стратегиях цифровой трансформации и управления ИИ. Это включает в себя как финансовые риски, связанные с внедрением новых технологий, так и этические и социальные аспекты, которые могут повлиять на долгосрочную репутацию компании.

— *Глобальные вызовы и регуляции.* Появление международных инициатив и регуляторных требований, таких как Европейский закон об искусственном интеллекте (*AI Act*), напоминает зарождение глобальных стандартов по устойчивому развитию, таких как Киотский протокол, Цели устойчивого развития ООН (*SDGs*) или регулирование в сфере GDPR. В результате подобные законы могут быть приняты по всему миру (Yee, 2024). Эти инициативы усиливают необходимость прозрачности и подотчетности компаний за влияние ИИ на общество и рынок труда. Глобальные регуляторы всё чаще будут требовать от компаний предоставления данных о том, как они управляют технологиями и обеспечивают безопасность и конфиденциальность данных. Прозрачность в отношении применения ИИ должна быть подкреплена нормативными требованиями, как это было в случае с нефинансовой отчетностью по ESG. Без ясных стандартов отчетности и регулирования ИИ компании будут сталкиваться с возрастающим риском правовых и репутационных последствий.

Выводы. Для обеспечения успешной цифровой трансформации требуется высокий уровень прозрачности и ответственного подхода, особенно в аспектах внедрения технологий искусственного интеллекта. Этические вопросы, такие как алгоритмическая предвзятость и защита персональных данных, требуют особого внимания. Процесс цифровой трансформации компаний имеет множество параллелей с эволюцией корпоративной социальной ответственности (КСО). Как и КСО, цифровая трансформация оказывает значительное влияние на рынок труда, что требует разработки механизмов переквалификации сотрудников и обеспечения справедливого перехода к новым условиям работы. Прозрачность использования ИИ и внедрение стандартов, регулирующих применение этих технологий, становятся критически важными для предотвращения негативных социальных последствий и повышения доверия со стороны заинтересованных сторон.

Отдельное внимание следует уделить роли нефинансовой отчетности, которая, как показано в тексте, усиливает прозрачность и подотчетность компаний. Примером может служить развитие отчетности по ESG-факторам, позволяющее инвесторам оценивать устойчивость бизнеса не только с финансовой, но и с социальной и экологической точек зрения. Введение глобальных стандартов регулирования ИИ, таких как Европейский закон об ИИ, демонстрирует необходимость разработки международных нормативных актов, направленных на контроль использования ИИ и защиту прав стейкхол-

деров. Таким образом, компании, стремящиеся к успешной цифровой трансформации, должны внедрять ответственные и этически обоснованные методы управления ИИ, чтобы минимизировать потенциальные правовые и репутационные риски.

5.5. Ответность по цифровой трансформации и искусственному интеллекту: от создания до рейтингования

Сравнение с текущим стандартами

История корпоративной социальной ответственности (КСО) предоставляет важные параллели для создания нового стандарта отчетности по цифровой трансформации. В случае КСО компании первоначально сталкивались с давлением общества и регуляторов, требовавших большей прозрачности в вопросах воздействия на окружающую среду и общество. Постепенно эти требования переросли в систематизированные стандарты отчетности, такие как Global Reporting Initiative (GRI) и Dow Jones Sustainability Index (DJSI), которые помогают компаниям систематически раскрывать информацию о социальных, экологических и управленческих аспектах своей деятельности перед стейкхолдерами. В случае с КСО, стандарты отчетности развивались на основе трех ключевых принципов:

- Прозрачность. Компании должны открыто демонстрировать, как они управляют своими социальными и экологическими рисками.
- Сравнимость. Использование стандартов, таких как GRI и DJSI, позволяет стейкхолдерам сравнивать компании между собой на основе одинаковых критериев.
- Подотчетность. Компании не только раскрывают свои действия, но и несут ответственность перед обществом за свои результаты.

Эти же принципы могут быть применены к цифровой трансформации. Как в свое время КСО повлияло на восприятие компаний в обществе, так и цифровая трансформация, особенно внедрение ИИ, требует создания отчетных механизмов, которые будут учитывать её влияние на стейкхолдеров — от сотрудников до клиентов и общества в целом. В результате, цифровая трансформация, особенно в контексте внедрения искусственного интеллекта, требует от компаний не только внедрения новых технологий, но и прозрачности в том, как они управляют рисками и возможностями, связанными с этими технологиями.

Как КСО превратилось в ключевой элемент устойчивого развития, так и цифровая трансформация может стать таким же важным дополнительным компонентом устойчивого развития предприятий, новым важным аспектом корпоративной отчетности, требующим отдельного стандарта для раскрытия соответствующей информации. Параллель заключается в том, что компании, как и в случае с КСО, должны продемонстрировать свою ответственность не только за экономическую эффективность, но и за социальные последствия внедрения ИИ, прозрачность алгоритмов и этику их использования.

Примеры существующих инициатив. Некоторые международные инициативы и нормативные акты уже начали формировать рамки для этичного и прозрачного использования ИИ и цифровых технологий, что создает прецеденты для более системного подхода к отчетности. В частности, AI Act в Европейском Союзе представляет собой первый масштабный нормативный акт, направленный на регулирование использования ИИ на уровне безопасности, этики и прозрачности. Этот закон требует от компаний, использующих ИИ, раскрывать информацию о работе алгоритмов, проводить регулярные оценки рисков и предоставлять гарантии защиты прав человека.

Однако, AI Act в основном направлен на регулирование высокорисковых систем ИИ и их влияние на безопасность и права человека, оставляя вне фокуса такие вопросы, как:

- Влияние на занятость. AI Act не уделяет достаточного внимания тому, как автоматизация влияет на рынок труда и что компании должны делать для минимизации негативных последствий.
- Экономическая эффективность цифровой трансформации. Хотя AI Act фокусируется на безопасности, он не раскрывает, как компании могут измерять и оценивать экономический эффект от внедрения ИИ.

- Прозрачность алгоритмов для клиентов. AI Act больше сосредоточен на безопасности данных, но не предоставляет детализированных требований для того, как компании должны обеспечивать прозрачность алгоритмов для конечных пользователей.

Кроме того, такие инициативы, как Этические принципы ИИ в Китае и рекомендации OECD по управлению ИИ, также показывают, что вопрос этического внедрения и использования цифровых технологий становится глобальной повесткой, но они не создают систематизированного подхода к раскрытию информации, который можно было бы использовать для отчетности, аналогичной GRI или DJSI.

Существующая практика находится только на ранних этапах стандартизации и отсутствие единого структурированного подхода подтверждают необходимость проведения исследований с целью создания стандарта, который объединит лучшие практики и требования для раскрытия информации о цифровой трансформации организаций.

Если обратить внимание на существующие стандарты в области нефинансовой отчетности, то стоит отметить, что GRI предоставляет компании четкие рекомендации по раскрытию данных в таких областях, как социальная и экологическая ответственность, и помогает стейкхолдерам сравнивать компании между собой на основе общих критериев. DJSI, в свою очередь, оценивает компании на основе их долгосрочной устойчивости и производит рейтинг на основании критериев ESG (экология, социальная ответственность, корпоративное управление). Несмотря на значительные достижения этих инициатив, они все еще не полностью охватывают уникальные риски и возможности, связанные с ИИ и цифровой трансформацией. Например, GRI и DJSI имеют сильный фокус на экологических и социальных аспектах, но не дают четких указаний по таким ключевым вопросам, как прозрачность алгоритмов, влияние ИИ на рабочие места или цифровая безопасность.

Хотя стандарты ESG в целом помогают компаниям учитывать их воздействие на окружающую среду, общество и корпоративное управление и охватывают широкий спектр вопросов, связанных с устойчивым развитием, они недостаточно структурированы для решения специфических вопросов, связанных с цифровой трансформацией. Проблема заключается в том, что текущие ESG-стандарты:

- не содержат подробных требований к раскрытию информации о том, как ИИ и цифровые технологии влияют на занятость и переквалификацию сотрудников;
- не учитывают вопросы прозрачности алгоритмов, что важно для доверия клиентов и предотвращения алгоритмической предвзятости;
- недостаточно охватывают кибербезопасность и защиту данных, что становится ключевым риском в цифровую эпоху;
- не охватывают этические вопросы использования персональных данных клиентов.
- не раскрывают риски цифровой трансформации и внедрения искусственного интеллекта с точки зрения социальной справедливости;
- не фокусируются на экономической эффективности цифровой трансформации, а именно на том, как автоматизация и ИИ влияют на операционные и финансовые показатели компаний.

Создание отдельного стандарта для отчетности по цифровой трансформации позволит учесть уникальные риски и возможности, которые не покрываются существующими ESG стандартами. Однако, этот новый стандарт должен быть интегрирован с существующими ESG-принципами, чтобы компании могли легко адаптировать его к своим уже существующим отчетным процессам. Такой стандарт должен фокусироваться на специфике использования ИИ, автоматизации и других технологий, обеспечивая компаниям инструменты для раскрытия информации, необходимой для оценки влияния цифровой трансформации на общество и бизнес.

Такой подход позволит избежать дублирования и создаст условия для формирования единой системы отчетности, которая будет охватывать как традиционные ESG-факторы, так и специфические аспекты цифровой трансформации. В долгосрочной перспективе это обеспечит более полное пони-

мание того, как компании управляют не только экологическими и социальными рисками, но и вызовами цифрового века, что станет важным фактором для стейкхолдеров, включая инвесторов, сотрудников, клиентов и государственные органы.

Существенные вопросы цифровой трансформации: корпоративной технологической ответственности

Цифровая трансформация, включая внедрение искусственного интеллекта и автоматизации, вызывает множество существенных вопросов, которые затрагивают интересы разных стейкхолдеров — сотрудников, клиентов, инвесторов, государства и общества. Каждая из этих заинтересованных сторон сталкивается с уникальными вызовами и возможностями в условиях цифровой трансформации, и успешные компании должны учитывать их ожидания и риски, чтобы обеспечить прозрачность, ответственность и устойчивое развитие.

Ниже рассмотрим ключевые аспекты, которые должны стать частью нового стандарта отчетности по цифровой трансформации.

Влияние на занятость и переквалификацию сотрудников. Одним из наиболее острых вопросов цифровой трансформации является её влияние на рынок труда и занятость. Автоматизация и ИИ могут заменить многие рутинные и даже низкоквалифицированные когнитивные и творческие задачи, что ставит под угрозу традиционные рабочие места. Этот вопрос вызывает серьезные опасения со стороны сотрудников, которые опасаются потерять работу. Однако цифровая трансформация также открывает возможности для создания новых рабочих мест, особенно в высокотехнологичных секторах и областях, требующих работы с данными, программирования и управления ИИ.

Для сотрудников, как стейкхолдеров, а также государства и общества важным аспектом является наличие программ по переквалификации и обучения, которые помогут им адаптироваться к изменениям. Компании, которые внедряют ИИ, должны не только раскрывать информацию о масштабах автоматизации, но и разрабатывать и публично представлять планы по развитию навыков сотрудников в условиях новой реальности. Раскрыть эту существенную тему могут помочь следующие индикаторы:

- Количество рабочих мест, которое может быть сокращено в результате внедрения ИИ;
- % рабочих мест под сокращение от общего количества рабочих мест на предприятии;
- Количество программ профессионального развития и переквалификации для тех сотрудников, чьи должности подвергаются автоматизации;
- % сотрудников, которые прошли повышение квалификации на этих программах;
- Размер инвестиции в создание цифровых центров компетенций для обучения и адаптации работников к новым технологиям;
- Доля инвестиций в центры создания компетенций от общих инвестиций за период, в %.

Этика ИИ, прозрачность алгоритмов и конфиденциальность. Этические вопросы в использовании ИИ занимают центральное место в дебатах о цифровой трансформации. Алгоритмическая предвзятость, недостаток прозрачности в принятии решений и вопросы, связанные с использованием данных, поднимают важные этические проблемы. Заинтересованные стороны, особенно клиенты и общество, ожидают, что компании будут действовать прозрачно и ответственно при внедрении искусственного интеллекта. Компании должны продемонстрировать, что их ИИ-системы справедливы и прозрачны для всех заинтересованных сторон.

Таким образом, ключевыми существенными вопросами, связанными с этическими аспектами, которые необходимо учитывать, есть:

1. Алгоритмическая предвзятость. ИИ-системы, основанные на больших данных, могут неосознанно наследовать предвзятости, существующие в данных. Это может привести к дискриминации отдельных групп населения, что особенно важно в таких областях, как финансовые услуги, здравоохранение и трудоустройство. Компании должны раскрывать информацию о том, как они тестируют свои алгоритмы на наличие предвзятости и какие меры принимаются для её устранения.

2. Прозрачность и объяснимость алгоритмов. Для того чтобы обеспечить доверие клиентов и общества, компании должны обеспечивать прозрачность в том, как их ИИ-системы принимают решения. Это особенно важно для высокорисковых применений ИИ, где решения могут иметь серьезные последствия для людей (например, медицинские диагнозы или кредитные решения). Стандарты отчетности должны включать требования к раскрытию информации о принципах работы алгоритмов, источниках данных и критериях, на которых основываются решения.

3. Использование данных. Вопрос конфиденциальности и защиты данных становится ключевым в условиях цифровой трансформации. Компании, работающие с ИИ, должны демонстрировать, что их системы соблюдают правила по защите данных, и быть прозрачными относительно того, как они собирают, хранят и используют персональные данные своих клиентов и пользователей.

Существенные вопросы этики и прозрачности могут быть раскрыты через следующие индикаторы:

- % случаев алгоритмической предвзятости, выявленных в ИИ-системах на этапах тестирования от общего количества ответов модели ИИ;
- количество проведенных проверок алгоритмов на предвзятость и дискриминацию, или количество потраченных часов на такие проверки со стороны экспертов;
- наличие в компании утвержденной на уровне генерального директора политики по устранению алгоритмической предвзятости (да/нет);
- процент прозрачных алгоритмов, по которым опубликованы принципы работы для конечных пользователей;
- количество запросов на объяснение решений ИИ от клиентов;
- % предоставленных объяснений по запросам решений, принятых ИИ, от общего количества таких запросов;
- % удовлетворенных клиентов ответами на свои запросы на объяснимость работы алгоритмов ИИ;
- доля решений, основанных на ИИ, которые были подвергнуты аудиту и пересмотрены со стороны компании после вмешательства людей с целью обеспечения этичности и справедливости этих алгоритмов;
- % непреднамеренно раскрытых конфиденциальных данных пользователей от общего количества пользователей, данные которые хранит компания.

Кибербезопасность и защита данных. Цифровая трансформация неизбежно повышает риски, связанные с кибербезопасностью. С расширением применения ИИ, автоматизации и интернет-технологий, компании становятся более уязвимыми перед кибератаками и утечками данных. Это вызывает беспокойство среди клиентов, инвесторов и регуляторов. Компаниям необходимо демонстрировать свою готовность к управлению киберугрозами и защите данных. Существенные вопросы кибербезопасности, которые должны быть включены в стандарты отчетности, включают:

1. Безопасность цифровой инфраструктуры, а именно как компании управляют рисками, связанными с утечкой данных и кибератаками. Это особенно важно для тех компаний, которые работают с конфиденциальной информацией клиентов или сотрудников.

2. Вложения в кибербезопасность. Здесь стоит искать ответы на вопросы, какие ресурсы компании выделяют на защиту своей цифровой инфраструктуры и данных. Это могут быть инвестиции в новые технологии, обучение сотрудников или разработка внутренних политик по кибербезопасности.

3. Киберинциденты и их последствия. Компании должны быть обязаны раскрывать информацию о киберинцидентах и утечках данных, а также о том, какие меры были предприняты для устранения последствий и предотвращения подобных событий в будущем.

Существенные вопросы кибербезопасности и защиты данных могут быть раскрыты через следующие индикаторы:

- количество зарегистрированных инцидентов утечки данных за отчетный период;
- количество успешных кибератак, повлиявших на ключевые системы компании;
- количество проведенных тестов на уязвимость цифровой инфраструктуры;

- наличие в компании утвержденной на уровне генерального директора политики по кибербезопасности (да/нет);
- Процент бюджета, выделенного на кибербезопасность, от общих ИТ-затрат компании;
- Количество сотрудников, прошедших обучение по кибербезопасности;
- Время реакции на выявленные киберинциденты (в днях/часах);
- Количество проверок на соответствие стандартам защиты данных (например, GDPR);
- Процент клиентов, получивших уведомление о нарушениях безопасности данных (количество утечек конфиденциальных данных).

Окупаемость инвестиций и экономическая эффективность цифровизации. Цифровая трансформация также приносит значительные экономические выгоды для компаний, особенно через автоматизацию процессов, повышение производительности и улучшение качества продуктов. Однако для инвесторов важно понимать, насколько экономически целесообразно и выгодно внедрение ИИ и других цифровых технологий. Ключевыми аспектами здесь являются:

1. Рентабельность проектов цифровой трансформации (ROI). Компании должны предоставлять отчёты о том, насколько успешными оказались их проекты цифровой трансформации с точки зрения окупаемости вложений. Это поможет инвесторам лучше оценить, насколько эффективно компания управляет своими цифровыми проектами.

2. Экономическая целесообразность. Компании должны раскрывать информацию о том, как автоматизация улучшает их производственные процессы, снижает затраты и повышает качество продукции.

3. Риски и затраты ЦТ. Вопросы касаются темы, как компании управляют рисками, связанными с внедрением новых технологий, и какие затраты требуются для их эффективной интеграции в бизнес-процессы компании.

Существенные вопросы кибербезопасности и защиты данных могут быть раскрыты через следующие индикаторы:

- % роста операционной прибыли, связанный с внедрением ИИ и автоматизации;
- размер рентабельности инвестиций (ROI) в проекты цифровой трансформации (в %);
- количество автоматизированных процессов с помощью ИИ и других технологий Четвертой индустриальной революции и на какой %;
- % сокращения операционных затрат за счет внедрения цифровых технологий по ключевым видам деятельности компании или в целом;
- размер инвестиций в цифровую трансформацию за отчетный период;
- % новых источников дохода, созданных благодаря цифровой трансформации, в процентах от общего дохода компании;
- рентабельность новых видов деятельности, созданных благодаря ЦТ, в %;
- сокращение времени выполнения процессов после внедрения ИИ (в % или часах).

Социальные последствия внедрения ИИ: неравенство и доступ к технологиям. Цифровая трансформация может способствовать как снижению, так и увеличению социального неравенства. Внедрение ИИ и автоматизации может привести к тому, что доступ к новым технологиям и ресурсам станет недоступен для определённых групп населения. Это особенно актуально для сфер, где цифровой разрыв может усугублять существующее неравенство — например, в доступе к образованию, здравоохранению или финансовым услугам. Для обеспечения социальной справедливости компании должны раскрывать информацию о *влиянии ЦТ на социальное неравенство*, а именно как автоматизация влияет на занятость в различных социальных группах, и какие меры и мероприятия принимаются для предотвращения увеличения неравенства, например, для расширения доступа к своим продуктам и услугам для различных слоев населения. Раскрыть эту существенную тему могут помочь следующие индикаторы:

- количество программ, направленных на улучшение доступа к технологиям для малообеспеченных или уязвимых групп населения;

- % сотрудников из уязвимых групп, которые участвуют в программах переквалификации;
- уровень цифровой доступности услуг для социально незащищенных слоев населения (например, через субсидии или льготы);
- количество партнерских проектов с государственными или социальными организациями, направленных на снижение цифрового неравенства, и какие именно это проекты;
- % новых технологий, адаптированных для использования людьми с ограниченными возможностями;
- % сотрудников от общего количества сотрудников предприятия, проходящих программы повышения квалификации и участия в обучающих инициативах, направленных на устранение неравенства;
- % сотрудников из разных социальных групп, которые получили доступ к цифровым ресурсам или программам.

Таким образом, мы обсудили *стартовый или базовый перечень существенных вопросов и индикаторов*, которые могут лечь в основу нового стандарта по корпоративной технологической ответственности (КТО). Составление полного перечня существенных вопросов и индикаторов – это эволюционный процесс, который, как и в случае с корпоративной социальной ответственностью, может занять годы научных исследований и апробаций на практике при безусловной поддержке государств и международных организаций.

Существенные вопросы цифровой трансформации, такие как влияние на занятость, этика ИИ, кибербезопасность, экономическая эффективность и социальные последствия, представляют собой критические аспекты, которые должны быть учтены в стандартах отчетности. Для успешного управления цифровой трансформацией компании должны раскрывать информацию, которая позволит стейкхолдерам, включая сотрудников, клиентов, инвесторов и общество, оценивать не только риски, но и возможности, которые несёт цифровая трансформация.

В матрице ниже (Таблица 10) мы сгруппировали существенные вопросы в разрезе ключевых стейкхолдеров, а также для каждой группы стейкхолдеров проставили уровень важности каждой области существенных вопросов, как мы это видим на сегодня. Уровень важности, который оценивается по четырехуровневой шкале (где 3 – «очень важно», 2 – «важно», 1 – «низкая важность», 0 – не релевантно или «не важно») со временем нужно будет использовать при разработке и расчете интегрального показателя прозрачности и корпоративной технологической ответственности предприятий для сравнения предприятий между собой в рамках нового рейтинга, аналогичного DJSI, но в области КТО.

Таблица 10. Важность существенных вопросов для ключевых заинтересованных сторон

Область существенных вопросов	Государство и общество	Инвесторы	Сотрудники	Клиенты
Занятость сотрудников и безработица	3	0	3	2
Программы профессионального развития и переквалификации	2	1	2	1
Алгоритмическая предвзятость	2	1	1	3
Прозрачность и объяснимость алгоритмов	0	1	0	2
Конфиденциальность и использование данных	2	2	1	3
Инфраструктура и масштабируемость	0	2	1	2
Безопасность цифровой инфраструктуры компании	1	3	2	1
Вложения в кибербезопасность	0	2	1	1
Инвестиции в технологии и ИТ ресурсы	1	2	2	1
Киберинциденты и их последствия	1	3	3	2
Рентабельность проектов ЦТ	0	3	1	0
Экономическая целесообразность	0	3	1	1
Риски и затраты ЦТ	0	3	3	1
Влияние ЦТ на социальное неравенство	3	0	1	2
ИИ в разрешении конфликтов	1	2	1	2

Составлено автором самостоятельно

Интеграция стандарта корпоративной технологической ответственности с канвой бизнес-модели предприятия

Новая отчетность по цифровой трансформации может быть интегрирована с канвой бизнес-модели предприятия (Osterwalder, 2009; Pimenov, 2022). Это позволит соотнести существенные вопросы в области цифровой трансформации, которые интересуют стейкхолдеров, с компонентами канвы бизнес-модели, а также более эффективно распределять ответственность внутри компании за раскрытием этих существенных вопросов, обеспечивая прозрачность и подотчетность на всех уровнях управления. Эта интеграция является важным шагом для систематизации и упрощения процесса раскрытия данных по цифровой трансформации. Каждый блок канвы бизнес-модели, отражающий ключевые аспекты операционной деятельности компании, может быть связан с определенными существенными вопросами, которые цифровая трансформация ставит перед компанией. Это позволяет более детализировано раскрывать информацию по каждому блоку, обеспечивая, что все аспекты цифровой трансформации должным образом освещены и оценены.

Так, блок «Ценностное предложение» раскрывает, какую ценность компания предоставляет своим клиентам и как эта ценность может быть улучшена за счет цифровых технологий. В этой области стейкхолдеров может интересовать вопросы:

- какие меры принимает компания для *предотвращения предвзятости в ИИ-алгоритмах*, использующихся для создания персонализированных ценностных предложений;
- как компания обеспечивает *конфиденциальность данных* конкретных клиентов при разработке своих продуктов;
- *прозрачность и объяснимость алгоритмов* в создании персонализированных предложений.

От блока «Клиентские сегменты» может потребоваться раскрыть информацию, как компании обеспечивают прозрачность методов сегментации клиентов и исключают *алгоритмическую предвзятость*.

Блок «Каналы сбыта» описывает, как компания доставляет свою ценность клиентам и какие каналы использует для взаимодействия с ними. ИИ оптимизирует эти каналы, создавая омниканальные стратегии и автоматизируя взаимодействие с клиентами. Стейкхолдеров могут интересовать следующие существенные вопросы:

- *Конфиденциальность и использование данных* при использовании цифровых каналов для взаимодействия с клиентами;
- *Вложения в кибербезопасность*, а именно насколько защищены системы, использующие ИИ для оптимизации продаж;
- *Киберинциденты и их последствия*, в том числе в каких каналах происходит больше всего киберинцидентов, и как компания борется с исправлением последствий и недопущением их в будущем.

Блок «Взаимоотношения с клиентами» определяет, как компания управляет взаимодействием с клиентами и строит долгосрочные отношения с ними. Цифровая трансформация содействует автоматизации маркетинга и анализа настроений клиентов, но также создает риски потери личного контакта. Существенные вопросы:

- *Прозрачность алгоритмов* в персонализации: как компании раскрывают клиентам способы персонализации маркетинговых кампаний и коммуникаций?
- *ИИ в разрешении конфликтов*, демонстрирует насколько эффективно компания справляется с обработкой рекламаций и жалоб, и насколько при этом довольны клиенты взаимодействием с ИИ.

Блок «Потоки доходов» описывает, как компания зарабатывает деньги, в том числе новые источники доходов, которые могут быть созданы через цифровую трансформацию. Существенными вопросами в этом блоке есть:

- *Рентабельность проектов цифровой трансформации*, а именно как компания использует инвестиции и заемные средства, какая отдача;

- *Экономическая целесообразность цифровой трансформации*, в том числе, какой экономический эффект от новых видов деятельности или источников доходов получает организация;

- Как компания борется с *социальным неравенством* в части риска потенциального банкротств предприятий малого бизнеса, благодаря перенаправления на себя всех потоков доходов. Каким образом компании минимизируют негативное влияние своей цифровизации на малый и средний бизнес, который ранее получал этот же поток доходов.

Блок «Ключевые ресурсы» включает все ресурсы (человеческие, технологические, финансовые, гибридные), которые необходимы для успешного функционирования компании. ИИ и автоматизация трансформируют ключевые ресурсы компании, превращая их в гибридный интеллектуальный капитал. Существенные вопросы:

- *Занятость сотрудников и безработица*;
- *Программы профессионального развития и переквалификации*;
- *Инвестиции в технологии и ИТ-ресурсы* определяют, как компании инвестируют в развитие ИИ и цифровых центров компетенций;
- *Безопасность цифровой инфраструктуры компании* показывает насколько защищены ИИ-системы и данные компании от кибератак.

Блок «Основные виды деятельности» описывает основные направления и функции компании, обеспечивающих создание ценности. Автоматизация и ИИ существенно меняют ключевые виды деятельности, такие как производство, логистика и обработка данных. Существенные вопросы следующие:

- *Алгоритмическая предвзятость*, которая может проявляться в процессе автоматизации ключевых бизнес-процессов;
- *Экономическая целесообразность*, которая показывает, как автоматизация влияет на рост производительности и эффективность процессов компании;
- *Прозрачность и объяснимость алгоритмов*, та как важно понимать, как компании собирают, хранят и используют данные для оптимизации ключевых видов деятельности.

Блок «Ключевые партнеры» Определяет, какие сторонние организации и партнеры поддерживают деятельность компании, особенно в технологической сфере. ИИ и цифровые технологии усиливают зависимость от технологических партнеров, что открывает новые риски и возможности. Существенные вопросы:

- *Безопасность цифровой инфраструктуры компании*, при интеграциях с ИТ-решениями партнеров;
- *Кибербезопасность и защита данных* в партнерских отношениях, а именно как компании защищают данные, передаваемые между партнерами в рамках ИИ-экосистемы;
- *Вложения в кибербезопасность* и с какими именно партнерами происходит интеграция;
- *Риски и затраты на ЦТ*. Раскрываются риски, которые возникают в связи с зависимостью от внешних технологий, и как компании управляют этими рисками.

Блок «Структура затрат» демонстрирует основные расходы компании, в том числе затраты, связанные с цифровыми технологиями и поддержанием ИТ-инфраструктуры. Цифровая трансформация оптимизирует затраты, но также требует значительных инвестиций в технологии и безопасность. Существенные вопросы:

- *Вложения в кибербезопасность* раскрывает, как компании распределяют затраты на ИИ и автоматизацию, и насколько они экономически обоснованы;
- *Риски и затраты цифровой трансформации* показывает, как компании управляют рисками чрезмерных затрат на поддержку и обновление ИТ-инфраструктуры;
- *Киберинциденты и их последствия* – объясняет, как компании обеспечивают защиту своих цифровых систем от киберугроз, и сколько средств на это выделяется, и сколько стоит компаниям решения проблем в случае инцидентов.

Одним из ключевых преимуществ интеграции нового стандарта с канвой бизнес-модели является возможность четко распределить ответственность за раскрытие конкретных существенных вопросов за функциональным направлением компании. Поскольку ответственность за каждый блок канвы бизнес-модели несет конкретный ТОП-менеджер, то они должны возглавить и организовать процесс раскрытия существенных вопросов цифровой трансформации компании, которые находятся в зоне их ответственности:

- Директор по ИТ и инновациям отвечает за раскрытие данных по ключевым ресурсам, связанным с ИТ-инфраструктурой и цифровыми технологиями;
- Директор по персоналу отвечает за существенные вопросы, связанные с переквалификацией сотрудников и адаптацией к новым технологиям;
- Директор по продажам — за цифровые каналы сбыта и взаимодействие с клиентами;
- Директор по маркетингу и продуктам — за предотвращение предвзятости и конфиденциальности данных клиентов при создании персональных продуктов и предложений для клиентов.

В результате, интеграция нового стандарта с бизнес-моделью позволяет обеспечить прозрачность и подотчетность на всех уровнях. Это помогает стейкхолдерам лучше понимать, как цифровая трансформация влияет на каждый аспект деятельности компании. Прозрачная отчетность по каждому блоку бизнес-модели дает возможность стейкхолдерам оценивать не только финансовую, но и технологическую и социальную устойчивость компании, что становится всё более важным в условиях цифрового мира.

Интеграция нового стандарта отчетности по цифровой трансформации с канвой бизнес-модели не только повышает качество и полноту отчетов, но и делает процесс управления цифровыми проектами более структурированным и подотчетным. Это даёт компаниям возможность не только раскрывать информацию для стейкхолдеров, но и лучше управлять собственными процессами трансформации, распределяя ответственность между ключевыми подразделениями.

Выводы. Параллели с развитием корпоративной социальной ответственности (КСО) показывают, что цифровая трансформация, в частности использование искусственного интеллекта, требует аналогичного стандарта отчетности, который бы учитывал специфические риски и возможности этой сферы. Такой стандарт позволит систематизировать управление воздействием ИИ на рынок труда, кибербезопасность и этические аспекты, что не полностью охватывается текущими ESG-стандартами. Новый стандарт позволит компаниям интегрировать практики прозрачности и подотчетности, как в КСО, обеспечивая стейкхолдерам доступ к всесторонней информации о технологических и социальных аспектах цифровизации. Это создаст условия для долгосрочной устойчивости компаний и укрепит доверие между бизнесом и стейкхолдерами.

В новом стандарте корпоративной технологической ответственности (КТО) должны учитываться такие направления, как влияние на занятость, переквалификация сотрудников, предотвращение алгоритмической предвзятости, прозрачность ИИ, кибербезопасность и социальная справедливость. Интеграция КТО с Канвой бизнес-модели позволяет распределить ответственность за ключевые аспекты трансформации между функциональными подразделениями компании, что способствует повышению прозрачности и подотчетности на всех уровнях управления.

Внедрение цифровой трансформации сопровождается не только технологическими, но и социальными изменениями, включая переквалификацию сотрудников и управление новыми видами рисков. Раскрытие таких данных в отчетности помогает компании продемонстрировать свою готовность к вызовам, связанным с автоматизацией и использованием ИИ, и поддерживать репутацию социально ответственной организации.

5.6. Корпоративная технологическая ответственность: преимущества для компаний

Повышение прозрачности для инвесторов и регуляторов

Корпоративная технологическая ответственность бизнеса (КТО), как и практики в области устойчивого развития (ESG), становится стратегически важным шагом для компаний в условиях цифровой трансформации. Прозрачное раскрытие информации о внедрении технологий, таких как искусственный интеллект и автоматизация, позволяет компаниям не только соответствовать требованиям государства, но и минимизировать регуляторные риски.

Одним из главных преимуществ для компании, которая внедряет КТО, является возможность соответствовать быстро развивающимся нормативным требованиям в области цифровизации и ИИ. Регуляторы, такие как Европейский Союз с его AI Act, активно разрабатывают законы для регулирования использования искусственного интеллекта. Ведение отчетности по технологической ответственности позволяет компаниям заранее соответствовать этим требованиям, что снижает риск штрафов, ограничений и других санкций.

Прозрачная отчетность по использованию ИИ и управлению данными помогает избежать неожиданных изменений в законодательстве и возможных финансовых потерь из-за нарушений или несоответствия стандартам. Как и в случае с раскрытием информации по ESG, соблюдение требований в области ИИ может улучшить отношение регуляторов к компании, предоставляя ей доступ к субсидиям, налоговым льготам или снижению проверок.

Привлечение инвестиций и доступ к капиталу. Компании, демонстрирующие прозрачность и ответственность в области цифровой трансформации, становятся более привлекательными для инвесторов. Как в случае с ESG, инвесторы все больше учитывают не только финансовую, но и нефинансовую отчетность при оценке риска и стабильности компании. В условиях быстро развивающейся цифровой экономики инвесторы хотят понимать, насколько компании готовы к технологическим изменениям, как они управляют рисками автоматизации и кибербезопасности, а также насколько этично они используют ИИ. Таким образом, компании, внедряющие корпоративную технологическую ответственность, раскрывают данные о своих цифровых стратегиях тем самым демонстрируют свою готовность к технологическим вызовам. Это повышает доверие со стороны инвесторов и может способствовать:

- увеличению доступа к капиталу за счет заинтересованности фондов, ориентированных на долгосрочные и устойчивые инвестиции;
- снижению стоимости капитала, поскольку компании с четкими стратегиями цифровой трансформации рассматриваются как более стабильные и с низкими рисками;
- участию в инвестиционных рейтингах. Как рейтинги ESG влияют на инвестиционные решения, так и отчетность КТО может способствовать включению компаний в специализированные рейтинги устойчивости в цифровую эпоху.

Прозрачность в отношении использования ИИ и управления данными, наряду с осознанием корпоративной ответственности за цифровую трансформацию, усиливает доверие не только инвесторов, но и всех заинтересованных сторон. Внедрение подходов КТО демонстрирует, что компания готова к долгосрочным изменениям, минимизируя социальные и технологические риски, что повышает её репутацию на рынке. Это может стать важным конкурентным преимуществом, особенно в условиях растущего внимания к технологиям ИИ и их этическим аспектам.

Прозрачность в вопросах цифровой трансформации позволяет компании, во-первых демонстрировать свою готовность к будущим изменениям, обеспечивая стабильность и предсказуемость своей деятельности; во-вторых, управлять репутационными рисками, связанными с внедрением ИИ, автоматизацией и использованием данных, обеспечивая защиту интересов своих клиентов и сотрудников; в-третьих, укреплять отношения с регуляторами и инвесторами, повышая их уверенность в том, что компания соблюдает все требования и готова к долгосрочному устойчивому развитию.

Ускорение инноваций и экономия ресурсов

Внедрение практик технологической ответственности становится не просто ответом на вызовы цифровой эпохи, но и ключевым фактором для ускорения инноваций и повышения конкурентоспособности компании. Когда компания через раскрытие информации по существенным вопросам ведет прозрачный диалог со своими стейкхолдерами (клиентами, инвесторами, сотрудниками, регуляторами), она получает более полное понимание их ожиданий, предпочтений и опасений. Это помогает точнее:

- заранее определить, какие инновации будут поддержаны и найдут спрос среди клиентов;
- понять, какие технологии могут вызвать этические или регуляторные вопросы со стороны государства или общества;
- быстро выявить риски на ранних этапах, что позволяет избежать ненужных затрат на неудачные проекты.

Раскрытие информации помогает ранее выявить потенциальные проблемы с инновациями, прежде чем они станут масштабными. Например инвесторы могут сигнализировать о необходимости пересмотра стратегии или усиления этических стандартов при разработке ИИ, а регуляторы могут предупреждать о возможных законодательных ограничениях или новых требованиях, что помогает адаптировать инновации под нормативы. Чем раньше компания поймёт, что какая-то инновация может столкнуться с ограничениями, тем быстрее она сможет внести изменения в продукт или стратегию и избежать замедления процесса внедрения.

Через постоянный диалог со стейкхолдерами компания может видеть, какие долгосрочные тренды в инновациях будут востребованы. Это позволяет избегать краткосрочных решений, которые могут быстро устареть или вызвать сопротивление, и фокусироваться на инновациях, которые будут актуальны для клиентов и общества на протяжении долгого времени.

Ведение технологически ответственного бизнеса и поддержание прозрачного диалога со стейкхолдерами значительно ускоряют инновационные процессы и позволяют компаниям не только более эффективно распределять ресурсы, но и избегать рисков, связанных с этическими и регуляторными ограничениями. Прозрачность в раскрытии информации и активное взаимодействие с ключевыми участниками позволяет на ранних стадиях корректировать стратегию и фокусироваться на долгосрочных трендах, что укрепляет позиции компании в условиях постоянных технологических изменений. В результате, компания не только минимизирует издержки на неудачные проекты, но и создает устойчивую платформу для инноваций, отвечающих требованиям общества и регулирующих органов.

Управление социальными последствиями цифровой трансформации

Создание программ по защите рабочих мест и переквалификации сотрудников при внедрении ИИ и технологической трансформации может принести компании ряд преимуществ. Хотя автоматизация может сократить потребность в человеко-часах и привести к ликвидации рабочих мест, компании, которые активно работают над смягчением этих последствий для своих сотрудников, могут получить ряд стратегических, репутационных и экономических выгод.

Демонстрация компанией заботы о своих сотрудниках через программы переквалификации и защиты рабочих мест способствует укреплению её репутации среди общественности, инвесторов и партнеров, что приобретает особое значение в условиях возрастающей роли социальной ответственности (CSR/ESG). Такой подход формирует образ социально ответственной организации, привлекающей внимание как клиентов, так и квалифицированных работников, заинтересованных в работе в устойчивой компании. Преимущества этого включают повышенную лояльность клиентов, поддержку местных сообществ, а также позитивные оценки со стороны СМИ и профессиональных организаций, что защищает компанию от критики, связанной с массовыми увольнениями или пренебрежительным отношением к персоналу.

В условиях нарастающей социальной тревожности, связанной с автоматизацией рабочих мест, компании могут столкнуться с давлением со стороны государства и регуляторов, которые могут вводить новые правила для защиты занятости, а также общественных организаций и профсоюзов, способных инициировать протесты или кампании против увольнений. В этой связи создание программ по переквалификации сотрудников становится важным инструментом для смягчения данных рисков, подготовки к возможным нормативным изменениям и минимизации вероятности юридических конфликтов и социальных потрясений, которые могут замедлить процессы цифровой трансформации.

Создание программ переквалификации способствует повышению лояльности сотрудников, мотивируя лучших из них оставаться в компании благодаря возможности освоения новых навыков и адаптации к изменяющемуся технологическому ландшафту. Это также снижает текучесть кадров, что особенно важно для отраслей, требующих квалифицированных специалистов, способных эффективно работать с новыми технологиями. Дополнительно, такие программы позволяют сохранять корпоративные знания, поскольку переобученные сотрудники продолжают вносить свой вклад, используя глубокое понимание внутренних процессов и культуры компании. В результате, компании, предлагающие переквалификацию, минимизируют негативные последствия увольнений и удерживают ключевых сотрудников, что способствует укреплению их внутренней устойчивости.

Программы переквалификации способствуют созданию более гибкой рабочей силы, способной адаптироваться к изменениям и оперативно осваивать новые технологии. Это позволяет сотрудникам эффективно взаимодействовать с искусственным интеллектом и новыми системами, обеспечивая успешную интеграцию автоматизации без снижения качества выполнения задач. В долгосрочной перспективе такие меры повышают операционную эффективность компании, так как сотрудники становятся более универсальными и быстрее осваивают новые роли, что укрепляет их способность адаптироваться к изменениям в технологической среде.

Компании, инвестирующие в человеческий капитал в условиях цифровой трансформации, по сути, создают *гибридный интеллектуальный капитал*. Такая адаптация своих сотрудников способствует достижению более устойчивого развития организации за счет создания экосистемы переквалификации, которая заменяет краткосрочные решения в виде увольнений и постоянного найма новых специалистов. Такая экосистема позволяет компании оставаться гибкой и поддерживать высокий уровень производительности. Кроме того, такие компании укрепляют социальное доверие, что в долгосрочной перспективе способствует их лучшей интеграции в экономику и общественные процессы, получая поддержку со стороны государства и общества за проявленную социальную ответственность.

Более того, компании, активно развивающие программы переквалификации и защиты рабочих мест, обладают большей способностью привлекать новые таланты, особенно тех, кто стремится к профессиональному росту и рассматривает компанию как платформу для карьерного развития. Такие компании привлекают внимание специалистов, интересующихся работой в социальной и технологической продвинутой организации, где ценности и передовые технологии гармонично сочетаются, создавая условия для личностного и профессионального роста.

В конечном итоге программы по переквалификации и обучению способствуют созданию среды, в которой возникают внутренние инновации, поскольку сотрудники, проходящие переобучение, приносят свежие идеи в процессы автоматизации и интеграции ИИ. Кроме того, такие программы стимулируют междисциплинарное взаимодействие, при котором сочетание различных профессиональных навыков внутри компании генерирует новые решения, усиливающие инновационную динамику и способствующие развитию конкурентных преимуществ.

Перспективы отчетности по цифровой трансформации и ее влиянию на бизнес

Цифровая трансформация должна быть управляемым процессом, поскольку она сопровождается множеством рисков, о которых уже было упомянуто ранее. К таким рискам относятся влияние на занятость, соблюдение этических норм при использовании искусственного интеллекта, а также регуляторные и социальные последствия автоматизации. Эти риски требуют особого внимания со стороны

компаний, что делает раскрытие информации о ключевых аспектах цифровой трансформации перед заинтересованными сторонами важной составляющей корпоративной ответственности, аналогично практике раскрытия данных по ESG-факторам. Такой диалог с сотрудниками, инвесторами, клиентами и регуляторами способствует более эффективному управлению рисками, позволяя выявлять проблемы на ранних стадиях и корректировать стратегии в соответствии с ожиданиями общества.

Повышенная открытость и управление рисками, связанными с цифровой трансформацией, поднимают корпоративную ответственность на новый уровень, превосходящий традиционные стандарты ESG. Внедрение практики раскрытия информации по вопросам цифровой трансформации не только укрепляет доверие заинтересованных сторон, но и помогает компании избежать долгосрочных негативных последствий, таких как социальная нестабильность или репутационные издержки.

Однако одной лишь отчетности и раскрытия информации перед стейкхолдерами недостаточно для стимулирования компаний к ведению технологически и социально ответственного бизнеса. Как и в случае корпоративной социальной ответственности (КСО), необходимо внешнее стимулирование, подобное рейтингу DJSI. Подход, основанный на стандартах DJSI, может быть адаптирован для оценки цифровой трансформации компании с акцентом на её влияние на устойчивость, риски и корпоративную ответственность. Далее предлагается рассмотреть механизм функционирования этого индекса и возможности его адаптации для оценки цифровой трансформации.

1. *Многоуровневая система оценки.* Как и в случае DJSI, оценка компании по цифровой трансформации будет основываться на многоуровневой системе. Компании будут подвергаться оценке по нескольким категориям, каждая из которых будет учитывать как количественные, так и качественные метрики. Эти метрики будут охватывать важнейшие аспекты цифровой трансформации: автоматизация, кибербезопасность, влияние на сотрудников, инновационные процессы и управление данными (более детально существенные вопросы цифровой трансформации мы рассмотрели ранее в этом разделе).

2. *Оценка по ключевым категориям.* Аналогично тому, как в DJSI рассматриваются три главные категории — экология, социальная ответственность и управление (ESG), — в стандарте цифровой трансформации акцент будет сделан на три ключевые категории:

Технологическая сфера (Technological) охватывает ключевые аспекты, связанные с внедрением, управлением и интеграцией цифровых технологий в бизнес-процессы. Важными вопросами здесь являются инфраструктурная готовность компании к поддержке новых цифровых решений, таких как облачные технологии, искусственный интеллект и автоматизация, а также их масштабируемость. Особое внимание уделяется кибербезопасности и защите данных, что включает управление безопасностью цифровых систем и защиту информации клиентов, сотрудников и партнеров. Важным аспектом является также инновационная деятельность и технологическое лидерство, подразумевающее внедрение передовых технологий, таких как искусственный интеллект, Интернет вещей и блокчейн, которые могут существенно трансформировать бизнес-модели. Кроме того, значимым фактором выступает успешность интеграции ИТ в основные бизнес-процессы для повышения их эффективности.

Человек-ориентированная сфера (Human) охватывает ключевые аспекты влияния цифровой трансформации на сотрудников, корпоративную культуру и взаимодействие внутри организации. Важные вопросы включают развитие цифровой компетентности сотрудников и реализацию программ обучения и переквалификации, направленных на подготовку работников к использованию новых технологий. Также рассматриваются изменения в структуре рабочих мест и уровне занятости, вызванные цифровизацией, и меры, предпринимаемые компанией для предотвращения безработицы. Особое внимание уделяется формированию культуры инноваций, которая поощряет внедрение цифровых решений и инновационный подход к работе. Не менее значимы вопросы этики использования технологий, включая искусственный интеллект и автоматизацию, с акцентом на предотвращение предвзятости в алгоритмах и защиту конфиденциальности данных.

Экономическая сфера отражает воздействие цифровой трансформации на ключевые экономические показатели компании, включая повышение эффективности, прибыльности и конкурентоспособности. Основные вопросы здесь включают экономическую эффективность и окупаемость инвестиций (ROI) в цифровизацию, демонстрируя, как цифровые технологии способствуют оптимизации затрат и увеличению прибыльности. Также значима адаптация компании к цифровой экономике, которая определяет её конкурентоспособность в условиях взаимодействия с технологически продвинутыми игроками рынка. Важным аспектом выступает использование аналитики данных для улучшения бизнес-процессов и принятия более обоснованных решений. Кроме того, цифровые технологии усиливают гибкость и адаптивность бизнес-модели, позволяя компании эффективно реагировать на изменения рыночной среды.

3. *Сравнительный анализ (бенчмаркинг).* Как и в DJSI, новый стандарт цифровой трансформации будет использовать подход бенчмаркинга для сравнения компаний в одном секторе. Каждая компания будет оцениваться на основе набора ключевых показателей (KPI), которые позволяют выявить лидеров и отстающих в цифровой трансформации. Компании смогут увидеть свои позиции относительно конкурентов, что создаст стимул для улучшения стратегий цифровой трансформации и устойчивого развития.

4. *Периодическая оценка и мониторинг.* Как и в DJSI, компании будут проходить регулярную оценку (ежегодно) для отслеживания их прогресса в ответственной цифровой трансформации. Эти оценки будут включать как количественные показатели (например, внедрение автоматизированных процессов, количество переквалифицированных сотрудников), так и качественные (например, удовлетворенность сотрудников или клиентов, прозрачность в раскрытии информации). Постоянный мониторинг позволит стейкхолдерам оценивать долгосрочные тенденции и риски.

5. *Прозрачность и отчетность.* Ключевым элементом механизма оценки является требование к компаниям раскрывать информацию о своих стратегиях цифровой трансформации. Подобно DJSI, компании будут обязаны предоставлять подробные отчеты, охватывающие не только экономические показатели, но и человек-ориентированные и технологические аспекты. Это будет включать данные о влиянии цифровой трансформации на сотрудников, местные сообщества, регуляторные вопросы и инновационные процессы.

6. *Интеграция с ESG-стандартами.* Механизм индекса цифровой трансформации будет также учитывать синергию с уже существующими ESG-стандартами. Компании, успешно интегрирующие принципы технологической ответственности с социальными, управленческими и экологическими аспектами, смогут улучшить свои позиции в индексах устойчивого развития, что обеспечит дополнительное конкурентное преимущество.

7. *Рейтинговая система.* На основе собранной информации компаниям будут присваиваться рейтинги, которые могут быть использованы инвесторами для инвестиционных решений. Как и в случае с DJSI, рейтинг цифровой трансформации поможет инвесторам и другим заинтересованным сторонам лучше понимать, насколько компания готова к цифровым вызовам, как она управляет рисками и возможностями, связанными с новыми технологиями, и как её трансформация соотносится с принципами устойчивого развития.

Важным шагом в подготовке оценки уровня цифровой трансформации компаний и построения последующий рейтингов станут анкеты и стандарты системы отчетности, аналогичной CSA для устойчивого развития. Компании будут заполнять анкеты, предоставляя информацию по своим существенным вопросам в области цифровой трансформации. Это может включать:

- Вопросы о стратегическом видении цифровизации.
- Данные о внедрении ИТ-решений, их влиянии на бизнес-процессы и продуктивность.
- Оценка уровня цифровых компетенций и готовности сотрудников.
- Планы по дальнейшему развитию цифровой инфраструктуры.

Аналогично индексам ESG, можно разработать *индексы цифровой зрелости*, которые будут ранжировать компании по их готовности и успехам в цифровой трансформации. Такие индексы будут

полезны для инвесторов, которые ищут компании с высокой степенью цифровизации и устойчивыми бизнес-моделями. Модель существенных тем и индикаторов для цифровой трансформации позволит компаниям не только демонстрировать прогресс и сравнивать себя с конкурентами, но и раскрывать ключевые аспекты для инвесторов и заинтересованных сторон, показывая свою ответственность в цифровой трансформации собственного бизнеса.

Механизм работы системы будет заключаться в следующем: компании заполняют анкету, предоставляя данные по индикаторам для каждого значимого вопроса в каждой из трех сфер. Оценка баллов по каждому индикатору производится на основе полноты и качества предоставленных ответов на вопросы анкеты. Полученные баллы позволят сравнивать компании как внутри одной отрасли, так и между различными отраслями, с точки зрения их устойчивости в каждой из сфер и в целом. Таким образом, многослойная структура системы индекса цифровой зрелости обеспечивает детализированное раскрытие компаниями своих подходов к устойчивости и ответственности цифровой трансформации и позволяет их объективную оценку по ключевым аспектам.

В процессе цифровой трансформации компании встречаются с рядом трудностей. Эти трудности можно сгруппировать на категории: экономические, социальные, этические, политические, правовые, управленческие, информационные и технологические. (Sun, 2019). Для того, чтобы помочь компаниям быть успешными в цифровой трансформации, в анкете стоит предусмотреть ряд вопросов, которые будут раскрывать понимание компании этих рисков еще на этапе проектирования цифровой трансформации. В результате анкетирования список выявленных проблем требуется соотнести с заинтересованными сторонами: являются ли проблемы общими, или есть группы заинтересованных сторон, которые испытывают наибольшие трудности в конкретной категории, что позволит держать фокус в процессе трансформации на недопущении проявления этих рисков и проблем.

Выводы. Ведение технологически ответственного бизнеса предоставляет компаниям целый ряд преимуществ, аналогичных тем, которые они получают от внедрения практик ESG. Корпоративная технологическая ответственность (КТО) помогает компаниям соответствовать нормативным требованиям в условиях цифровой трансформации, минимизируя регуляторные риски и улучшая инвестиционную привлекательность. Прозрачная отчетность по ИИ и управлению данными способствует укреплению доверия инвесторов и регуляторов, снижая риск санкций.

Внедрение практик технологической ответственности, прозрачное раскрытие информации позволяет компании заранее выявлять риски, адаптировать технологии к ожиданиям стейкхолдеров и нормативным требованиям, что помогает избегать затрат на неудачные проекты и ускоряет внедрение инноваций. Диалог со стейкхолдерами позволяет компании точнее ориентироваться на долгосрочные тренды, избегать краткосрочных решений и фокусироваться на инновациях, которые будут востребованы обществом и соответствовать этическим и регуляторным стандартам, что укрепляет её конкурентные позиции.

Компании, внедряющие программы переквалификации сотрудников при автоматизации, получают значительные преимущества: сохраняют ключевых работников, уменьшают текучесть кадров, повышают операционную эффективность и корпоративные знания. Такие программы укрепляют репутацию компании, способствуют лояльности сотрудников и привлекают новые таланты, что особенно важно в условиях усиления социальной ответственности.

Запуск регулярной оценки по корпоративной технологической ответственности компаний, по аналогии с DJSI, позволит создать инструмент, который обеспечит прозрачность, контроль рисков и стимулирование долгосрочной устойчивости компаний, успешно проходящих через технологические изменения. Синергия между стандартами технологической ответственности и существующими принципами ESG может создать новую парадигму корпоративной устойчивости, где технологии и социальные ценности объединяются для достижения стратегических целей. В результате компания, внедряющая практики технологической ответственности, не только укрепляет свою конкурентоспособность, но и демонстрирует приверженность устойчивому развитию, что способствует её успешному позиционированию в глобальной экономике.

Выводы к пятому разделу

1. Быстрое развитие искусственного интеллекта, несмотря на его потенциал, связано с рисками дестабилизации социальных и экономических систем. Для сохранения устойчивости в условиях технологических изменений необходимо поддерживать баланс между стабильностью и нестабильностью, что подтверждается теориями Илии Пригожина о диссипативных структурах и неравновесных системах. Этот баланс достигается через управление обратной связью, моделирование сложных систем и поддержание минимальной необходимой сложности, что позволяет эффективно адаптироваться к внешним вызовам.

2. Методы обеспечения устойчивости включают мониторинг ключевых параметров, циклы инноваций и стабилизации, а также использование флуктуаций для стимулирования роста и адаптации. Самоорганизация, проявляющаяся в децентрализации управления и вовлечении сотрудников в принятие решений, способствует гибкости и адаптивности организаций. Эти подходы позволяют системам реагировать на изменения внешней среды, обеспечивая долгосрочную стабильность и избегая стагнации или дестабилизации.

3. Развитие искусственного интеллекта и автоматизация могут привести к значительным изменениям в экономических и политических структурах, ослабляя роль человеческого труда и потребления в создании добавленной стоимости. Это несет риск снижения влияния среднего класса на политические процессы и перехода к технократическим моделям управления, основанным на данных и алгоритмах, что может подорвать демократическое участие граждан и усилить социальное неравенство. В таких условиях меняется роль государства и частных корпораций, что требует разработки новых механизмов адаптации для сохранения демократических основ и социальной справедливости.

4. Одним из основных рисков внедрение технологий является автоматизация низкоквалифицированных профессий, что может усилить неравенство. Вместе с тем, наблюдается рост спроса на высококвалифицированных специалистов в областях STEM и здравоохранения, что подчеркивает важность переквалификации работников. Полная автоматизация не является неизбежной или оптимальной, и необходима синергия между человеком и ИИ, при которой технологии повышают производительность, сохраняя за человеком ключевые управленческие функции. Это требует взвешенного подхода к внедрению ИИ с учетом социально-экономических и этических аспектов, что позволит обеспечить устойчивое развитие и минимизировать риски.

5. Для минимизации негативных социальных последствий внедрения ИИ на предприятиях необходимы комплексные меры по адаптации рынка труда, включая программы переподготовки и перехода работников в высококвалифицированные сектора экономики. Важным аспектом является интеграция пожилых работников через использование ИИ для компенсации дефицита трудовых ресурсов в условиях демографических изменений, а также субсидирование занятости, налоговые инициативы и переквалификация, что обеспечит баланс между экономическим ростом и устойчивым развитием.

6. Отсутствие эффективного государственного регулирования автоматизации и внедрения искусственного интеллекта может усугубить социальные и экономические диспропорции, что проявляется как в различиях уровня доходов, так и в продолжительности жизни населения. Работники с низким уровнем образования и квалификации сталкиваются с трудностями адаптации к новым условиям труда, что ухудшает их качество жизни и усиливает социальную напряженность. Примеры успешных инициатив, таких как «Умный Дубай», показывают потенциал использования ИИ для стимулирования экономического роста и инклюзивного развития. Однако без комплексных мер по преодолению технологического разрыва между социально-экономическими группами, городскими и сельскими регионами, внедрение ИИ может усилить неравенство и способствовать дальнейшему расслоению общества.

7. Внедрение искусственного интеллекта порождает серьезные этические и правовые вызовы, связанные с нарушением авторских прав, конфиденциальностью данных и влиянием крупных технологических компаний на бизнес-среду. Примеры, такие как действия компаний Perplexity и Clearview

AI, обходящих правовые ограничения, подчеркивают необходимость разработки новых регуляторных механизмов. Для обеспечения устойчивого развития необходимы новые стандарты, которые смогут сбалансировать инновации с защитой авторских прав и обеспечением справедливости в распределении цифровых ресурсов.

8. Применение искусственного интеллекта и машинного обучения в условиях климатических изменений и роста энергопотребления является ключевым направлением повышения энергоэффективности и смягчения последствий изменения климата. ИИ обладает значительным потенциалом в оптимизации энергосистем, интеграции возобновляемых источников энергии и снижении углеродных выбросов. Однако высокие энергозатраты, связанные с разработкой и эксплуатацией ИИ, особенно крупных языковых моделей, ставят под сомнение его долгосрочную экологическую устойчивость. Для преодоления этих вызовов необходимо разрабатывать более энергоэффективные вычислительные архитектуры и оптимизировать алгоритмы обучения. Учитывая растущую роль ИИ в таких областях, как умные энергосети и зеленое строительство, важно создавать экологически обоснованные стратегии, которые будут способствовать достижению глобальных климатических целей и снижению углеродного следа технологий.

9. Анализ показывает значительный потенциал искусственного интеллекта для достижения целей устойчивого развития ООН, особенно в улучшении точности прогнозов, повышении эффективности процессов и создании инклюзивных решений для уязвимых групп. Тем не менее, большинство проектов остаются на пилотной стадии и не оказывают масштабного влияния, а неравномерное распределение инвестиций между развитыми и развивающимися странами может усилить социально-экономическое неравенство. ИИ наиболее эффективно применяется в здравоохранении, борьбе с изменением климата и устойчивом развитии городов, однако сферы, такие как ликвидация бедности и голода, требуют большего внимания. Для максимизации позитивного эффекта ИИ и минимизации рисков необходимы комплексные стратегии устойчивого использования ИИ, что обеспечит его долгосрочное положительное влияние на общество и окружающую среду.

10. Для успешной цифровой трансформации необходимо внедрение механизмов корпоративной технологической ответственности, аналогичных корпоративной социальной ответственности (КСО). Как КСО занимается экологическими и социальными вопросами, так и корпоративная технологическая ответственность направлена на минимизацию негативных социальных и экономических последствий внедрения новых технологий. Важную роль здесь играют прозрачность и подотчетность компаний в использовании ИИ и других цифровых инструментов. Это требует развития стандартов отчетности, подобных тем, что применяются в КСО и ESG-отчетности, для оценки воздействия ИИ на рынок труда, защиту персональных данных и управление рисками алгоритмической предвзятости. Введение глобальных стандартов регулирования ИИ, таких как Европейский закон об ИИ, подтверждает необходимость разработки международных актов, которые контролируют применение ИИ и обеспечивают соблюдение прав стейкхолдеров для минимизации правовых и репутационных рисков.

11. Государство и общество, как ключевые стейкхолдеры, направляют компании к прозрачному и социально ответственному внедрению технологий. В условиях ускоренной автоматизации и внедрения искусственного интеллекта приоритетной задачей становится защита интересов работников. Это требует от компаний не только регулярной отчетности по вопросам занятости, но и активного участия в программах переквалификации и адаптации сотрудников к новым условиям труда. Международные инициативы, такие как AI Act в Европейском Союзе, подчеркивают важность создания правовых рамок для предотвращения алгоритмической дискриминации и обеспечения прозрачности в использовании ИИ.

12. Перспективы дальнейшего международного регулирования предполагают усиление контроля за социальными последствиями цифровой трансформации. Возможны меры налогообложения компаний, активно использующих автоматизацию без соблюдения социальных обязательств, что станет инструментом снижения негативного воздействия на работников. Ожидания общества в отношении баланса между технологическим прогрессом и улучшением качества жизни, включают гибкость

рабочих условий и сокращение рабочего времени без сокращения заработных плат позволят распределить эффекты от повышения производительности между разными заинтересованными сторонами.

13. Инвесторы, как в роли стейкхолдеров, сосредоточены на оценке рисков и возможностей, а также на прозрачности компаний относительно их стратегий и результатов цифровой трансформации. Компании, предоставляющие полную и ясную отчетность по вопросам внедрения ИИ и интегрирующие его в стратегии устойчивого развития, такие как ESG, обладают большими возможностями для привлечения долгосрочных инвестиций и более дешевых кредитов.

14. Цифровая трансформация предоставляет клиентам значительные преимущества, такие как персонализированные услуги, улучшенная удобность и гибкость взаимодействия с брендами, однако сопровождается новыми рисками, включая нарушение конфиденциальности данных и непрозрачность алгоритмов. Современные клиенты ожидают ответственного внедрения инноваций, где прозрачное использование данных и алгоритмов минимизирует угрозы и укрепляет доверие к бренду. Компании, способные сбалансировать инновации с этическими стандартами и устойчивым развитием смогут обеспечить свое устойчивое развитие.

15. Опыт внедрения корпоративной социальной ответственности показывает необходимость систематизации отчетности для эффективного управления влиянием компаний на общество и окружающую среду. Этот опыт указывает на целесообразность разработки аналогичного стандарта для цифровой трансформации, включая интеграцию искусственного интеллекта. Новый стандарт должен охватывать специфические риски и возможности цифровизации, которые не полностью учтены существующими ESG-стандартами. Введение такого стандарта усилит прозрачность и подотчетность компаний, повышая доверие заинтересованных сторон и обеспечивая более глубокий анализ их деятельности в условиях цифровой трансформации.

16. Основными направлениями создания нового стандарта отчетности должны стать влияние на занятость, переквалификация, устранение алгоритмической предвзятости, прозрачность ИИ-систем, кибербезопасность и социальная справедливость. Формирование стандарта корпоративной технологической ответственности (КТО) станет ключевым шагом к созданию системы отчетности, учитывающей специфические вызовы цифровой эры, аналогично тому, как КСО стимулировала развитие устойчивых практик.

17. Интеграция отчетности по цифровой трансформации с канвой бизнес-модели позволяет систематизировать процесс раскрытия данных, распределяя ответственность за ключевые аспекты трансформации между функциональными подразделениями компании. Распределение ответственности между руководителями функциональных областей создает четкую структуру ответственности за результаты на всех уровнях управления компании.

18. Ведение технологически ответственного бизнеса предоставляет компаниям ряд преимуществ, сопоставимых с эффектами от внедрения ESG-практик. Корпоративная технологическая ответственность (КТО) позволяет компаниям соответствовать нормативным требованиям цифровой трансформации, снижая регуляторные риски, минимизируя вероятность санкций и повышая инвестиционную привлекательность. Более того, внедрение КТО усиливает репутацию компании, демонстрируя её готовность к технологическим изменениям и ответственному управлению рисками автоматизации.

19. Открытый диалог со стейкхолдерами позволяет компании заранее выявлять риски, адаптировать технологии к их ожиданиям, что помогает избегать затрат на неудачные проекты и ускоряет внедрение инноваций. Ориентация на долгосрочные тренды, избегание краткосрочных решений, разработка востребованных обществом инноваций позволит компании соответствовать этическим и регуляторным стандартам и вести устойчивый бизнес.

20. За счет программ переквалификации сотрудников в условиях автоматизации, компании получают значительные преимущества, включая сохранение ключевых работников, снижение текучести кадров, повышение операционной эффективности и накопление корпоративных знаний. Эти про-

граммы одновременно укрепляют репутацию компании, повышают лояльность сотрудников и привлекают новые таланты. Переквалификация смягчает социальные и регуляторные риски, связанные с автоматизацией, способствует формированию гибридного интеллектуального капитала компании.

21. Адаптация принципов международных стандартов ESG для оценки цифровой трансформации позволит создать инструмент, обеспечивающий прозрачность, контроль рисков и стимулирующий долгосрочную устойчивость компаний, проходящих через технологические изменения. Для успешной цифровой трансформации компаниям важно находить баланс между интересами различных стейкхолдеров, включая сотрудников, клиентов, инвесторов, партнеров, государство и общество. Такой подход обеспечивает долгосрочную стабильность и способствует снижению социальных и регуляторных рисков. Синергия между стандартами технологической ответственности и принципами ESG создаст новую парадигму корпоративной устойчивости, где технологии и социальные ценности объединяются, что способствует успешному позиционированию в глобальной экономике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Процессы упорядочивания и энтропии играют ключевую роль в эволюции человеческих ресурсов, демонстрируя закономерности, присущие как биологическим, так и социальным системам. В динамических неравновесных системах, к которым относятся и живые организмы, информация выступает основой для создания и поддержания сложных структур. Эволюция человеческих ресурсов можно рассматривать как процесс локального снижения энтропии, при котором системы, способные к самоорганизации, развиваются, преодолевая дестабилизирующие эффекты окружающей среды. На ранних этапах эволюции человек использовал свои когнитивные способности для сохранения и передачи информации, что привело к усложнению общества, возникновению культуры и технологического прогресса. Особенность человеческого интеллекта заключается в возможности кодировать информацию вне биологических границ, что увеличивает объем информации и упорядоченность в социальной системе.

Энтропийные процессы постоянно оказывали и оказывают влияние на эволюцию человеческих ресурсов. Переход от феодальной системы к индустриальному и постиндустриальному обществу сопровождается усложнением структуры управления человеческими ресурсами, требующим постоянного создания новых знаний и технологий для эффективного управления. С развитием технологий, включая искусственный интеллект, автоматизацию и цифровизацию, наблюдается процесс трансформации труда, где упорядочивание происходит за счет новых форм взаимодействия между людьми и машинами. Современные подходы к управлению трудом, такие как концепция "гибридного интеллектуального капитала," отражают попытки уменьшить энтропию путем интеграции человеческих и искусственных ресурсов в единые системы, обеспечивающие устойчивое развитие и конкурентоспособность в условиях постоянно растущей сложности.

В результате, упорядочивание, направленные на снижение локальной энтропии, способствуют эволюции человеческих ресурсов, обеспечивая их адаптацию к новым условиям через накопление знаний, развитие технологий и создание новых форм организации труда. В то же время, динамическая природа этих процессов требует постоянного баланса между инновациями и необходимостью управления усложняющимися системами, что отражает взаимодействие между энтропией и упорядоченностью в эволюции человеческих ресурсов.

На протяжении индустриальных революций технологии постепенно усиливали и расширяли возможности человека, начиная с физических механизмов и заканчивая когнитивными инструментами, такими как компьютеры и интернет. В контексте Четвёртой промышленной революции ИИ выступает не просто как технологический инструмент, но как мощный интеллектуальный партнёр, автоматизируя как рутинные, так и сложные задачи, включая обработку больших объёмов данных, персонализацию и создание контента.

ИИ не только повышает производительность, позволяя внедрять новые бизнес-модели предприятий, но и трансформирует способы работы и принятия решений, обеспечивая новые формы синергии между человеческим интеллектом и цифровыми системами. Искусственный интеллект оказывает глубокое влияние на структуру занятости, требуя от компаний и общества адаптации к новым условиям, в том числе пересмотра подходов к образованию и развитию навыков.

Интеграция искусственного интеллекта с роботизированными системами и Интернетом вещей создаёт новые формы гибридного взаимодействия между людьми и машинами, что способствует созданию новых когнитивных режимов и синергетических решений, ранее недоступных исключительно человеческому интеллекту.

Однако, несмотря на всё возрастающую роль ИИ, его текущая функция остаётся поддерживающей: он дополняет человеческие ресурсы, усиливая их когнитивные способности, но не заменяет человеческий интеллект сферах, требующих эмоциональной гибкости, решения сложных задач, интерпретации аналитических выводов, принятия стратегических решений и личной ответственности.

Компании, внедряющие ИИ, должны учитывать как его преимущества, так и риски, связанные с предвзятостью, прозрачностью, безопасностью, управляемостью, юридическими аспектами и долгосрочными последствиями для рабочих мест. Необходимо сохранять баланс между автоматизацией и необходимостью участия человека в процессе принятия решений, что позволит минимизировать риски и сохранить критическое мышление в условиях роста зависимости от ИИ.

Особо важным аспектом интеграции ИИ в интеллектуальные ресурсы предприятий есть минимизация потенциальных рисков и угроз, особенно в контексте возможного развития общего искусственного интеллекта (AGI), способного принимать самостоятельные решения. Прогнозирование последствий развития AGI требует серьезного анализа и международного сотрудничества для разработки этических рамок и стандартов, направленных на минимизацию экзистенциальных рисков.

ИИ на данном этапе развития относится к интеллектуальным ресурсам предприятия, отражающим вершину эволюции человеческих ресурсов и является основой формирования гибридного интеллектуального капитала. Однако его роль не сводится к полной замене человека, а заключается в создании симбиотического взаимодействия, при котором человек и ИИ совместно достигают более высоких результатов.

Решение проблемы дефицита навыков и компетенций в условиях формирования гибридного интеллектуального капитала и активной цифровой трансформации предприятий требует системного подхода. Основной вызов заключается в том, что компании сталкиваются с нехваткой специалистов, обладающих не только техническими навыками, но и способностью эффективно взаимодействовать с ИИ и роботизированными процессами. Исследование показывает, что также существует дефицит критического мышления и навыков работы с цифровыми системами.

Для преодоления дефицита навыков и компетенций, ключевым подходом является адаптация существующих HR-процессов к новым условиям. Компании должны развивать стратегию, ориентированную на постоянное обновление навыков сотрудников, чтобы они могли адаптироваться к новым требованиям и сохранять конкурентоспособность. Предприятиям предстоит пересмотреть свои подходы к подбору персонала, ориентируясь больше на реальные навыки и компетенции, а не только на традиционные университетские квалификации. Важно создавать условия для непрерывной адаптации квалификации и навыков к новым бизнес-задачам.

Внедрение матрицы задач-навыков (МЗН) позволяет предприятиям планировать и оценивать текущий и целевой уровень навыков сотрудников, что помогает более гибко управлять кадрами и повышать их производительность. Это позволяет сократить затраты на обучение и избежать необходимости найма новых сотрудников с рынка труда, где дефицит специалистов ощущается особенно остро. Таким образом, предприятия могут оптимизировать свои кадровые ресурсы, развивая текущих сотрудников и грамотно распределяя их на позиции, соответствующие их компетенциям. Внедрение МЗН способствует переходу от рутинных задач к более сложным проектам, требующим высокого уровня компетенций.

Создание индивидуальных профилей, основанных на МЗН, позволяет точнее оценивать потенциал каждого сотрудника и разрабатывать персонализированные планы их профессионального развития. Используя этот подход, предприятия не просто обучают всех сотрудников актуальным навыкам, а акцентируют внимание на развитии тех, чьи навыки уже близки к необходимому уровню, который требуется для выполнения конкретных бизнес-задач. Это обеспечивает гибкость в процессах обучения и снижает затраты на приобретение необходимых навыков.

Внедрение гибридных интеллектуальных ресурсов требует усиления внимания к потребностям сотрудников, включая персонализированные решения и гибкие условия труда. Это способствует более эффективной интеграции технологий, повышает вовлеченность сотрудников и улучшает производственные процессы. Для успешной цифровой трансформации важно преодолевать культурные барьеры и сопротивление сотрудников через использование подходов, ориентированных на их сильные стороны и стимулирование активного участия в процессе изменений. Это помогает повысить эффективность организационных изменений и внедрения новых технологий.

В условиях традиционных бизнес-моделей, высокая степень энтропии проявляется в сложных, негибких структурах со сложными и длительными процессами принятия решений, а также в избыточных и неэффективных процессах, которые ведут к увеличению транзакционных издержек и потерь. Цифровая трансформация предлагает принципиально новый подход, заключающийся в оптимизации бизнес-процессов через интеграцию инновационных технологий, таких как искусственный интеллект, цифровые двойники и облачные технологии. Эти технологии позволяют повысить эффективность операций, уменьшить неопределённость в принятии решений и адаптировать бизнес к постоянно меняющимся внешним условиям.

Цифровая трансформация способствует созданию более гибких и динамичных структур, что снижает внутреннюю неупорядоченность (энтропию) в операционных моделях, за счёт чего снижается вариативность, а также повышается управляемость и предсказуемость бизнес-процессов. Инновационные технологии, такие как ИИ и IoT, позволяют моделировать и контролировать сложные системы в реальном времени, что улучшает оптимизацию и прогнозирование, тем самым снижая хаос и неопределенность в цепочках поставок и производственных процессах.

Кроме того, цифровая трансформация является логическим шагом в эволюции бизнес-моделей, поскольку внедрение новых технологий позволяет предприятиям адаптироваться к условиям цифровой экономики, создавая новые формы ценностного предложения, повышая уровень персонализации и снижая затраты. Этот процесс не только снижает операционные издержки, но и создает условия для долгосрочного устойчивого развития компаний, что подтверждает её роль как очередного эволюционного шага бизнес-моделей. Таким образом, цифровая трансформация, как способ интеграции передовых технологий и оптимизации бизнес-процессов, снижает энтропию и является важным шагом в эволюции современных бизнес-моделей предприятий, способствуя их устойчивости и конкурентоспособности в условиях быстро меняющейся цифровой среды.

Эффективная цифровая трансформация представляет собой комплексный процесс, включающий не только технологические нововведения, но и стратегические изменения на уровне бизнес-моделей и организационных структур. Одним из ключевых аспектов является интеграция искусственного интеллекта в стратегическое планирование компаний. Для достижения долгосрочного успеха недостаточно ограничиваться краткосрочными результатами повышения производительности; ИИ должен стать частью долгосрочной стратегии, с регулярным пересмотром и адаптацией в ответ на технологические изменения и эволюцию рынка. Это предполагает не просто использование ИИ как инструмента автоматизации, а его применение для создания дополнительной ценности для клиентов и повышения конкурентоспособности предприятия.

Успешная цифровая трансформация требует пересмотра операционной модели компании и её адаптации к новым условиям. Внедрение ИИ и других цифровых решений должно происходить на уровне всей цепочки создания ценности, с акцентом на масштабирование инициатив и их соответствие стратегическим целям бизнеса. Управление ресурсами в этом контексте требует не микроменеджмента, продуманной тактики управления, при которой изменения распространяются на ключевые подразделения и бизнес-процессы, обеспечивая устойчивое развитие компании. Одним из важных элементов является назначение ответственных за внедрение ИИ на уровне руководства, что способствует более скоординированному внедрению технологий и снижению риска фрагментации процессов.

Кроме того, цифровая трансформация должна учитывать необходимость обеспечения высокого качества данных, используемых для работы ИИ. Не менее важным является управление рисками, связанными с использованием ИИ, включая этические вопросы, такие как прозрачность, предвзятость моделей и кибербезопасность. Для минимизации рисков важно внедрение механизмов контроля и обеспечения подотчетности на всех этапах внедрения ИИ. Помимо этого, особое внимание следует уделить обучению и подготовке сотрудников, чтобы адаптировать их к новым условиям работы с цифровыми технологиями. Это требует не только технической подготовки, но и развития гибкости, социальных и когнитивных навыков, необходимых для успешной интеграции ИИ в бизнес-процессы.

В результате, эффективная цифровая трансформация предприятия должна сочетать технологические инновации с организационными изменениями и развитием человеческого капитала. Этот комплексный подход позволяет не только обеспечить успешную интеграцию новых технологий, но и создать долгосрочные конкурентные преимущества, способствуя устойчивому росту компании в условиях глобальной цифровизации.

Для обеспечения устойчивого развития организаций и общества в условиях цифровой эры необходимо создание комплексной стратегии, которая объединяет технологические, социальные и экономические аспекты. В первую очередь, следует учитывать, что автоматизация и внедрение искусственного интеллекта имеют двойственный эффект: с одной стороны, они способствуют росту производительности и эффективности, с другой — вызывают социальные риски, такие как сокращение рабочих мест, усиление неравенства и алгоритмическая предвзятость.

Ключевым фактором устойчивого развития является управляемый процесс поддержания баланса между потребностями разных заинтересованных сторон, где конкуренция выступает мерой хаоса, а контроль — мерой порядка. Для минимизации рисков автоматизации и усиления социального неравенства важным направлением становится внедрение программ переподготовки и переквалификации, особенно для тех работников, чьи профессии подвержены автоматизации. Здесь необходима поддержка со стороны государства и бизнеса, а также координация действий для предотвращения негативных социальных последствий.

Корпоративная технологическая ответственность (КТО), аналогичная корпоративной социальной ответственности (КСО), играет важную роль в поддержании этого баланса. Прозрачная отчетность по внедрению ИИ и цифровых технологий, управление рисками, связанными с алгоритмической предвзятостью, кибербезопасностью и защитой данных, а также ответственность перед инвесторами и обществом, позволяют контролировать влияние технологий на рынок труда и социальную стабильность. Интеграция таких стандартов с существующими ESG-принципами усиливает доверие стейкхолдеров и способствует долгосрочной устойчивости.

Интересы разных стейкхолдеров, таких как сотрудники, клиенты, инвесторы, государство и общество, должны быть учтены в процессе цифровой трансформации. Это требует баланса между экономическими интересами компаний и социальными последствиями для работников и общества, что обеспечит долгосрочную стабильность и устойчивое развитие.

Устойчивое развитие организаций и общества возможно через управляемый процесс, поддерживающий баланс между конкуренцией, как мерой хаоса, и контролем, как мерой порядка. Этот процесс должен учитывать интересы всех заинтересованных сторон, обеспечивая социальную справедливость и экономическую стабильность в условиях активной цифровой трансформации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Abd-Ei-Moniem, H. (2009). Rock art as a source of the history of prehistory: An account to promote the understanding of prehistoric rock art. *Abgadiyat*, 4(1), 11–35. <https://doi.org/10.1163/2213860909x00019>.
- Abdulrazak, F. (2015). Printing as an agent of change in Morocco, 1864–1912. In *The Transformation of Morocco, 1860–1912* (pp. 44–64). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9781137401625_3.
- Abu-Khadra, H., & Ziadat, K. (2012). ERP diffusion and assimilation using IT-innovation framework. In Y. Dwivedi, M. Wade, & S. Schneberger (Eds.), *Information systems theory* (Integrated series in information systems, Vol. 29). New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2>.
- Abuhantash, A. (2023). The impact of human resource information systems on organizational performance: A systematic literature review. *European Journal of Business and Management Research*, 8(3), 239–245. <https://doi.org/10.24018/ejbmr.2023.8.3.1992>.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2021). Tasks, automation, and the rise in US wage inequality. *National Bureau of Economic Research*. <https://doi.org/10.3386/w28920>. Retrieved June 1, 2021, from <https://www.nber.org/papers/w28920>.
- Acker, A. (2015). Toward a hermeneutics of data. *IEEE Annals of the History of Computing*, 37(3), 70–75. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2015.68>.
- Adami, C., Ofria, C., & Collier, T. C. (2000). Evolution of biological complexity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(9), 4463–4468. <https://doi.org/10.1073/pnas.97.9.4463>.
- Aethon (2017). *Sheraton Hotel to Use TUG Robots*. Retrieved on May 24, 2024 from <https://aethon.com/sheraton-hotel-to-use-tug-robots/>.
- Aghanouri, R. (2024). Neurobiological definition of intelligence: A neuroscience review. *Biomedical and Biotechnology Research Journal*, 8(3), 261–266. https://doi.org/10.4103/bbri.bbri_229_24.
- Agrawal, A., & Grube, C. (2024). Toward the long term: CFO perspectives on the future of finance. *McKinsey & Company*. Retrieved July 18, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/strategy-and-corporate-finance/our-insights/toward-the-long-term-cfo-perspectives-on-the-future-of-finance>.
- Aguiar-Pérez, J., & Pérez-Juárez, M. (2023). An insight of deep learning-based demand forecasting in smart grids. *Sensors*, 23(3), 1467. <https://doi.org/10.3390/s23031467>.
- Afolalu, S., Soetan, S., Emetere, M., Abdulkareem, A., Ikumapayi, O., & Ongbali, S. (2021). Envable roles of manufacturing processes in sustainable fourth industrial revolution: A case study of mechatronics. *Materials Today: Proceedings*, 44, 2895–2901. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.099>.
- European Union. (2024). The EU AI Act. Retrieved April 19, 2024, from <https://artificialintelligenceact.eu/the-act/>.
- Akbarighatar, P., Pappas, I., & Vassilakopoulou, P. (2023). A sociotechnical perspective for responsible AI maturity models: Findings from a mixed-method literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 3(2), 100193. <https://doi.org/10.1016/j.ijimei.2023.100193>.
- Akhmediev, N., Soto-Crespo, J. M., Vouzas, P., Devine, N., & Chang, W. (2018). Dissipative solitons with extreme spikes in the normal and anomalous dispersion regimes. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2124), 20180023. <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0023>.
- Albukhitan, S. (2020). Developing digital transformation strategy for manufacturing. *Procedia Computer Science*, 170, 664–671. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.173>.
- Alcácer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>.
- Aldao-Zapiola, C. (2014). A century of human resource management in Argentina. In *Human resource management in emerging markets* (pp. 21–45). Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9780857932990.00006>.
- Aldarrat, H., & Drosten, G. (2023). Industrial automation and robotics in AAC industry: Selected models and case studies. *CE/Papers*, 6(2), 371–378. <https://doi.org/10.1002/cepa.1976>.
- Aldasem, F., Saleem, M., Mohammad, J., & Omar, R. (2022). Investigating the impact of employees' internal factors on their job performance in government organizations. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(1). <https://doi.org/10.6007/ijarbs/v12-i1/12076>.
- Aldulaimi, S., & Aldulaimi, S. (2020). Trends and opportunities of artificial intelligence in human resource management: Aspirations for public sector in Bahrain. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 9(1). ISSN 2277-8616.
- Alexander, J., & Decancq, K. (2020). Measuring human development. In *Human development in the modern world* (pp. 21–27). New York University Press. <https://doi.org/10.18574/nyu/9780814765050.003.0007>.

- Alhudeeb, F. A. N. (2021). Women in Mesopotamian civilization. *International Journal of Education and Language Studies*, 2(4), 10–21. <https://doi.org/10.47832/2791-9323.4-2-2>.
- Ali, A. (2020). *The soaring value of intangible assets in the S&P 500*. Visual Capitalist. Retrieved November 12, 2020, from <https://www.visualcapitalist.com/the-soaring-value-of-intangible-assets-in-the-sp-500/>.
- Allocca, M., & Kessler, E. (2006). Innovation speed in small and medium-sized enterprises. *Creativity and Innovation Management*, 15(3), 279–295. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8691.2006.00389.x>.
- Altimeter. (2018). *The AI maturity playbook: Five pillars of enterprise success*. Retrieved June 15, 2024, from <https://www.slideshare.net/slideshow/report-preview-the-ai-maturity-playbook-five-pillars-of-enterprise-success/125646905>.
- Amann, M., Granström, G., Frishammar, J., & Elfsberg, J. (2022). Mitigating not-invented-here and not-sold-here problems: The role of corporate innovation hubs. *Technovation*, 111, 102377. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102377>.
- Amar, J., Hämäläinen, L., von Bismarck, N., & Seitz, B. (2024, May 17). The promise and the reality of gen AI agents in the enterprise. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-promise-and-the-reality-of-gen-ai-agents-in-the-enterprise>.
- Amar, J., Huang, R., Cheta, O., & Xu, S. (2024). From promising to productive: Real results from gen AI in services. *McKinsey & Company*. Retrieved August 16, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/from-promising-to-productive-real-results-from-gen-ai-in-services>.
- Ambrose, M. (1992). Flexible working hours: The benefits for staff in education. *International Journal of Educational Management*, 6(4). <https://doi.org/10.1108/09513549210014718>.
- Amorim, P., & Alves, J. (2024). How generative AI can support advanced analytics practice. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved June 11, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/how-generative-ai-can-support-advanced-analytics-practice/>.
- Anakop, G., & Kollamparambil, U. (2021). Artificial intelligence and average wages in Southern Africa: A panel VAR approach. *Development Southern Africa*, 38(5), 575–588. <https://doi.org/10.1080/0376835X.2021.1967111>.
- Ane, T., & Yasmin, S. (2019). Agriculture in the Fourth Industrial Revolution. *Annals of Bangladesh Agriculture*, 23(2), 115–122. <https://doi.org/10.3329/aba.v23i2.50060>.
- Appenzeller, T. (1993). Searching for clues to ancient carbon dioxide. *Science*, 259(5097), 908–909. <https://doi.org/10.1126/science.259.5097.908>.
- Apte, P., & Spanos, C. (2024). How human-informed AI leads to more accurate digital twins. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved August 27, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/how-human-informed-ai-leads-to-more-accurate-digital-twins/>.
- Araya, D. (2015). US education policy as economic policy. In *Education Policy as Economic Policy* (pp. 17–29). Palgrave Macmillan US. https://doi.org/10.1057/9781137475565_2.
- Arbaini, P. (2020). Pengaruh consumer online rating dan review terhadap keputusan pembelian pada pengguna marketplace Tokopedia. *Jurnal Bisnis dan Manajemen*, 7(1). <https://doi.org/10.26905/jbm.v7i1.3897>.
- Arora, C., Forrest, W., Gu, M., & Kaplan, J. (2023). In search of cloud value: Can generative AI transform cloud ROI? *McKinsey & Company*. Retrieved November 15, 2023, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/in-search-of-cloud-value-can-generative-ai-transform-cloud-roi>.
- Artomova, T., Ostapenko, T., & Britchenco, I. (2023). Determining the impact of global-local transformations of property on the formation of nanoeconomics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(13-122), 73–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277391>.
- Asatiani, A., Malo, P., Nagbøl, P., Penttinen, E., Rinta-Kahila, T., & Salovaara, A. (2020). Challenges of explaining the behavior of black-box AI systems. *MIS Quarterly Executive*, 19, 259–278.
- Asif, M., Naeem, G., & Khalid, M. (2024). Digitalization for sustainable buildings: Technologies, applications, potential, and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 450, 141814. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.141814>.
- Aslan, A., & Öncel, C. (2024). The potential of artificial intelligence and machine learning algorithms in the field of cardiovascular diseases. *Acta Medica Alanya*, 8(2), 91–92. <https://doi.org/10.30565/medalanya.1537200>.
- Azizah, M., & Otok, B. (2024). The influence of work environment, management support, organizational culture, and employee engagement on employee performance through employee satisfaction. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 5(9), 3771–3781. <https://doi.org/10.59141/ijist.v5i9.1197>.
- Bäck, A., Hajikhani, A., Jäger, A., Schubert, T., & Suominen, A. (2022). *Return of the Solow-paradox in AI?: AI-adoption and firm productivity*. Centre for Innovation Research (CIRCLE), Lund University. Retrieved June 24, 2024, from https://wp.circle.lu.se/upload/CIRCLE/workingpapers/202201_baeck.pdf.

- Baig, A., & Merrill, D. (2024). Moving past gen AI's honeymoon phase: Seven hard truths for CIOs to get from pilot to scale. *McKinsey & Company*. Retrieved May 13, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/moving-past-gen-ais-honeymoon-phase-seven-hard-truths-for-cios-to-get-from-pilot-to-scale>
- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. In Y. Dwivedi, M. Wade, & S. Schneberger (Eds.), *Information systems theory* (Integrated series in information systems, Vol. 28). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6108-2_12.
- Baldwin, J., & Beckstead, D. (2009). Knowledge workers in Canada's economy, 1971 to 2001. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1427981>.
- Blueva, O., Syvolap, L., Pryimuk, O., Loščonci, P., Britchenko, I., & Popova, Y. (2022). Ensuring innovative development of the marine transport management system in the context of the formation of the global digital economy. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 12(1, Special Issue XXV), 88–92. <https://www.magnanimitas.cz/>.
- Banfield, P., Royles, D., & Kay, R. (2018). International HRM. *Oxford University Press*. <https://doi.org/10.1093/hebz/9780198702825.003.0008>.
- Basaran, U. (2022). Customer experience management in the digital marketing era. In *Handbook of Research on Challenges for Human Resource Management in the Digital Era* (pp. 351–382). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4380-4.ch017>.
- Basole, R., & Major, T. (2024). Generative AI for visualization: Opportunities and challenges. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 44(2), 55–64. <https://doi.org/10.1109/mcg.2024.3362168>.
- Batista, B., Matécsa, M., Higginson, M., Fulcheri, P., & Beitz, S. (2024). Generative AI can enhance knowledge of the credit customer journey and lead to improved outcomes. *McKinsey & Company*. Retrieved June 25, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/the-promise-of-generative-ai-for-credit-customer-assistance>.
- Baumann, L., & Coop, R. (1980). Automated workflow control: A key to office productivity. In *AFIPS '80: Proceedings of the May 19-22, 1980, National Computer Conference* (pp. 549–554). <https://doi.org/10.1145/1500518.1500609>.
- BBC (2024, May 28). Google is updating its algorithm. And it will change the Internet forever. *BBC*. Retrieved from <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/c999p58ge8ro>.
- BBC News. (2024, July 3). AI drives 48% increase in Google emissions. *BBC News*. Retrieved from <https://www.bbc.com/news/articles/c51yvz51k2xo>.
- Beckert, J., Blazevic, T., & Dobhan, A. (2023). IoT security within small and medium-sized manufacturing companies. In *Advances in Manufacturing Technologies and Processes* (pp. 185–190). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-31108-6_14.
- Berlingen, M. (2016). The ATLAS experiment at the Large Hadron Collider. In *Exploring Fundamental Physics with the ATLAS Experiment* (pp. 31–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-41051-7_2.
- Bespaly, S. (2021). Industry 4.0: Challenges and opportunities for the labor market. *Bulletin of the Innovative University of Eurasia*, 82(2), 36–44. <https://doi.org/10.37788/2021-2/36-44>.
- Betcherman, G., & Rebne, D. (1987). Technology and control of the labor process. In *Technological Change and Labor Relations* (pp. 73–89). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1821-7_4.
- Bettoni, A., Montini, E., Righi, M., Villani, V., Tsvetanov, R., Borgia, S., ... Carpanzano, E. (2020). Mutualistic and adaptive human-machine collaboration based on machine learning in an injection moulding manufacturing line. *Procedia CIRP*, 91, 548–553. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.119>.
- Bettoni, A., Matteri, D., Montini, E., Gładysz, B., & Carpanzano, E. (2021). An AI adoption model for SMEs: A conceptual framework. *IFAC-PapersOnLine*, 54(1), 702–708. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.082>.
- Bezpartochnyi, M., & Britchenko, I. (2022). Digitalization for agriculture and rural development in Ukraine. In *Proceedings of the 2022 International Conference "Economic Science for Rural Development"* (No. 56, pp. 398–406). Jelgava: LLU ESAF. <https://doi.org/10.22616/ESRD.2022.56.039>
- Bhardwaj, G., Singh, S., & Kumar, V. (2020). An empirical study of artificial intelligence and its impact on human resource functions. In *2020 International Conference on Computation, Automation and Knowledge Management (ICCAKM)* (pp. 47–51). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCAKM.2020.9051493>.
- Billio, M., Casarin, R., Costola, M., & Veggente, V. (2024). Learning from experts: Energy efficiency in residential buildings. *Energy Economics*, 136, 107650. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107650>.
- Blackader, B., & Buesing, E. (2024). The evolution of customer care: AI and the Gen Z effect. *McKinsey & Company*. Retrieved July 8, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/the-evolution-of-customer-care-ai-and-the-gen-z-effect>.
- Blain, L. (2024). Figure's humanoid can now watch, learn and perform tasks autonomously. *New Atlas*. Retrieved January 7, 2024, from <https://newatlas.com/robotics/figure-humanoid-learning-tasks-autonomously/>.

- Bloombaum, M. (1983). The Hawthorne experiments. *Sociological Perspectives*, 26(1), 71–88. <https://doi.org/10.2307/1389160>.
- Borah, S., Kama, C., Rakshit, S., & Vajjhala, N. (2022). Applications of artificial intelligence in small- and medium-sized enterprises (SMEs). In P. K. Mallick, A. K. Bhoi, P. Barsocchi, & V. H. C. de Albuquerque (Eds.), *Cognitive informatics and soft computing* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 375). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8763-1_59.
- Borges, R. (2009). Organizational change implementation and the role of human resource practices: A Brazilian case study. *Brazilian Business Review*, 6(3), 284–295. <https://doi.org/10.15728/bbr.2009.6.3.5>.
- Borgia, E. (2014). The Internet of Things vision: Key features, applications, and open issues. *Computer Communications*, 54, 1–31. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>.
- Bose, B. (1993). Power electronics: Recent advances and future perspective. In *Proceedings of IECON '93 - 19th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics* (Vol. 1, pp. 14–16). Maui, HI, USA: IEEE. <https://doi.org/10.1109/iecon.1993.339114>.
- Boswell, B., Buckley, S., Elliott, B., Meler, M., & Smith, M. (2022). An AI power play: Fueling the next wave of innovation in the energy sector. *McKinsey & Company*. Retrieved May 12, 2022, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/how-we-help-clients/an-ai-power-play-fueling-the-next-wave-of-innovation-in-the-energy-sector>.
- Bouskila-Yam, O., & Kluger, A. (2011). Strength-based performance appraisal and goal setting. *Human Resource Management Review*, 21(2), 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.hrmr.2010.09.001>.
- Bowers, J., Chapman, B., Rong, J., & Paterson, A. (2003). Unravelling angiosperm genome evolution by phylogenetic analysis of chromosomal duplication events. *Nature*, 422(6930), 433–438. <https://doi.org/10.1038/nature01521>.
- Bradle, C., & White, O. (2024). The ups and downs of global productivity. *McKinsey Global Institute*. Retrieved June 27, 2024, from <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/the-ups-and-downs-of-global-productivity>.
- Bradley, H., & Taylor, M. (2009). Feudalism and feudal society. In *International Encyclopedia of Human Geography* (pp. 98–105). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-008044910-4.00358-8>.
- Brereton, M. (1978). Synergetics: An introduction – Nonequilibrium phase transitions and self-organisation in physics, chemistry and biology. *Physics Bulletin*, 29(4), 181. <https://doi.org/10.1088/0031-9112/29/4/044>.
- Britchenko, I., Chukurna, O., & Tardaskina, T. (2024). *Digital economy: Textbook*. Professor Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10934314>.
- Britchenko, I., & Cherniavska, T. (2019). Blockchain technology in the fiscal process of Ukraine. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, 28(5), 134–148. <https://www.iki.bas.bg/spisanie-ikonomicheski-izsledvaniia>.
- Britchenko, I., Filyppova, S., Niekrasova, L., Chukurna, O., & Vazov, R. (2022). The system of evaluation efficiency of the strategy of sustainable development of the enterprise in the decentralization condition. *Economic Studies (Ikonomicheski Izsledvania)*, 1, 118–138. <https://www.iki.bas.bg/spisanie-ikonomicheski-izsledvaniia>.
- Britnell, R. (2004). Material resources and economic constraints. In *The Commercialisation of English Society, 1000–1500* (pp. 7–31). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198731450.003.0002>.
- Brown, B., & Heitner, K. (2023). Obstacles and resistance to organizational change in the new post-COVID-19 environment. In *Organizational change and adaptation in the post-pandemic era* (pp. 167–195). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0235-4.ch008>.
- Brown, J., & Weber, C. (2024). Allegorie / Symbol (Allegory / Symbol). *Goethe-Lexicon of Philosophical Concepts*, 4. <https://doi.org/10.5195/glpc.2023.63>.
- Bughin, J. (2024). What drives the corporate payoffs of using generative artificial intelligence? *Structural Change and Economic Dynamics*. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.09.011>.
- Bütemann, M., Simbeck, K., Rzepka, N., & Kalf, Y. (2024). Sustainable learning analytics: Measuring and understanding the drivers of energy consumption of AI in education. In *Proceedings of the International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)* (Vol. 1, pp. 272–279). <https://doi.org/10.5220/0012547600003693>.
- Bunkers, S. (2016). The living experience of feeling unsure: A Parsecencing inquiry. *Nursing Science Quarterly*, 29(4), 288–298. <https://doi.org/10.1177/0894318416663942>.
- Camp, A., Gast, A., Goldstein, D., & Weddle, D. (2024). Organizational health is (still) the key to long-term performance. *McKinsey & Company*. Retrieved February 12, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/organizational-health-is-still-the-key-to-long-term-performance>.
- Cao, S., Fu, D., Yang, X., Wermter, S., Liu, X., & Wu, H. (2024). Pain recognition and pain empathy from a human-centered AI perspective. *iScience*, 27(8), 110570. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.110570>.

- Carrier, J. G., & West, P. (2009). Introduction: Surroundings, selves, and others: The political economy of environment and identity. *Landscape Research*, 34(2), 157–170. <https://doi.org/10.1080/01426390802390509>.
- Chakraborti, T., Khalaf, R., Unuvar, M., Rizk, Y., Khazaeni, Y., Muthusamy, V., & Isahagian, V. (2020). From robotic process automation to intelligent process automation. In *Business Process Management: Blockchain and Central and Eastern Europe Forum* (pp. 215–228). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58779-6_15.
- Chambers, E., Foulon, M., Handfield-Jones, H., Hankin, S., & Michaels, E. (1997). The war for talent. *McKinsey Quarterly*, 3(3), 44–57.
- Cheatham, B., Javanmardian, K., & Samandari, H. (2019). Confronting the risks of artificial intelligence. *McKinsey Quarterly*. Retrieved June 1, 2023, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/confronting-the-risks-of-artificial-intelligence>.
- Chen, H., Simoska, O., Lim, K., Grattieri, M., Yuan, M., Dong, F., Lee, Y., Beaver, K., Weliwatte, S., Gaffne, E., & Minteer, S. (2020). Fundamentals, applications, and future directions of bioelectrocatalysis. *Chemical Reviews*, 120(23), 12903–12993. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.0c0047233050699>.
- Chen, J. (2021). Review on quantum communication and quantum computation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1865(2), 022008. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1865/2/022008>.
- Chen, W. (2021). Innovation of e-commerce business model based on big data. In *Proceedings of the 2021 International Conference on Innovation, Technology, and Management* (pp. 337–344). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5857-0_43.
- Choudhary, A., & Jain, V. (2019). Streamlining space processes through IT automation: Reducing manual tasks for enhanced efficiency in space exploration. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 23(5), 1825–1831. <https://doi.org/10.61841/v23i5/400329>.
- Chowdhury, M., Shahjalal, M., Ahmed, S., & Jang, Y. M. (2020). 6G wireless communication systems: Applications, requirements, technologies, challenges, and research directions. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 1, 957–975. <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2020.3010270>.
- Chowdhury, S., Budhwar, P., Dey, P., Joel-Edgar, S., & Abadie, A. (2022). AI-employee collaboration and business performance: Integrating knowledge-based view, socio-technical systems, and organisational socialisation framework. *Journal of Business Research*, 144, 31–49. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.029>.
- Chu, T., Yang, C., & Song, Z. (2024). How to protect copyright data in optimization of large language models? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 38(16), 17871–17879. <https://doi.org/10.1609/aaai.v38i16.29741>.
- Chui, M., Hazan, E., Roberts, R., Singla, A., Smaje, K., Sukharevsky, A., Yee, L., & Zimmel, R. (2024). The economic potential of generative AI: The next productivity frontier. *McKinsey & Company*. Retrieved June 14, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-economic-potential-of-generative-ai-the-next-productivity-frontier#introduction>.
- Chuprina, E., Zahorodnia, Y., Petrenko, O., Britchenko, I., & Goretskyi, O. (2022). Specific characteristics of seaports development in the context of digitalization: International experience and conclusions. *International Journal of Agricultural Extension*, 10(1, Special Issue on Issues of Legal Regulation in Agrarian and Tourism Space), 105–117. <https://doi.org/10.33678/ijae.010.00.3879>.
- Cerin, P., & Dobers, P. (2001). What does the performance of the Dow Jones Sustainability Group Index tell us? *Eco-Management and Auditing*, 8(3), 123–133. <https://doi.org/10.1002/ema.159>.
- Cicek, M., Gursoy, D., & Lu, L. (2024). Adverse impacts of revealing the presence of “artificial intelligence (AI)” technology in product and service descriptions on purchase intentions: The mediating role of emotional trust and the moderating role of perceived risk. *Journal of Hospitality Marketing & Management*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/19368623.2024.2368040>.
- Clist, P. (2016). Payment by results in development aid: All that glitters is not gold. *The World Bank Research Observer*, 31(2), 290–319. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkw005>.
- Coase, R. H. (1991). The nature of the firm: Influence. In *The Nature of the Firm: Origins, Evolution, and Development* (pp. 61–74). <https://doi.org/10.1093/oso/9780195065909.003.0005>.
- Cognitivepilot. (2024). *Sberbank subsidiary has developed an autonomous robot tractor with AI*. Retrieved May 31, 2024, from <https://cognitivepilot.com/cognitive-news/news/dochka-sbera-razrabotala-avtonomnyy-robotraktor-s-ii/>.
- Conger, R., Robinson, H., & Sellschop, R. (2020). Inside a mining company’s AI transformation. *McKinsey & Company*. Retrieved February 5, 2020, from <https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/how-we-help-clients/inside-a-mining-companys-ai-transformation>.

- Conversica (2023). *AI Ethics and Corporate Responsibility Survey Report*. Retrieved June 13, 2024 from: <https://www.conversica.com/conversation-automation-resources/report/ai-ethics-survey/>
- Corbacioglu, S. (2017). Influence of Taylorism on Deming's quality management. *Inquiry*, 2(2). <https://doi.org/10.21533/isjss.v2i2.85>.
- Crafts, N. (2005). The first industrial revolution: Resolving the slow growth/rapid industrialization paradox. *Journal of the European Economic Association*, 3(2–3), 525–534. <https://doi.org/10.1162/jeea.2005.3.2-3.525>.
- Crone, R. (1999). Light, color, and vision during the scientific revolution. In *History of Science and Technology* (pp. 50–76). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0870-9_4.
- Crosland, M. (1973). Gold and the atomic theories of the seventeenth century. *Gold Bulletin*, 6(3), 82–86. <https://doi.org/10.1007/bf03215013>.
- Da Silva, L., Soltovski, R., Pontes, J., Treinta, F., Leitão, P., Mosconi, E., ... & Yoshino, R. T. (2022). Human resources management 4.0: Literature review and trends. *Computers & Industrial Engineering*, 168, 108111. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108111>.
- Dajani, S., & Keyes, D. (2024). Constructing artificial life and materials scientists with accelerated AI using Deep AndersonNN. *arXiv Preprint*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.19724>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2022). Developing successful data products at Regions Bank. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved November 10, 2022, from <https://sloanreview.mit.edu/article/developing-successful-data-products-at-regions-bank/>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2023). The impact of generative AI on Hollywood and entertainment. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved June 19, 2023, from <https://sloanreview.mit.edu/article/the-impact-of-generative-ai-on-hollywood-and-entertainment/>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2023). Generative AI at Mastercard: Governance takes center stage. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved August 30, 2023, from <https://sloanreview.mit.edu/article/generative-ai-at-mastercard-governance-takes-center-stage/>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2023). AI ethics at Unilever: From policy to process. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved November 15, 2023, from <https://sloanreview.mit.edu/article/ai-ethics-at-unilever-from-policy-to-process/>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2024). Five key trends in AI and data science for 2024. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved January 31, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/five-key-trends-in-ai-and-data-science-for-2024/>.
- Davenport, T., & Bean, R. (2024). Mayo Clinic's healthy model for AI success. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved March 27, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/mayo-clinics-healthy-model-for-ai-success/>.
- Davenport, T., & Ronanki, R. (2018). Artificial intelligence for the real world: Don't start with moon shots. *Harvard Business Review*, 96, 108–116.
- Davids, B., Jones, C., Hood, J., & Hutchins, S. (2014). Disparities in life expectancy across US counties linked to county social factors, 2009 Community Health Status Indicators (CHSI). *Journal of Racial and Ethnic Health Disparities*, 1(1), 2–11. <https://doi.org/10.1007/s40615-013-0001-3>.
- De Sario, G. D., Haider, C. R., Maita, K. C., Torres-Guzman, R. A., Emam, O. S., Avila, F. R., Garcia, J. P., Borna, S., McLeod, C. J., Bruce, C. J., Carter, R. E., & Forte, A. J. (2023). Using AI to detect pain through facial expressions: A review. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(5), 548. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10050548>.
- De Smet, A., Durth, S., Hancock, B., Mugayar-Baldocchi, M., & Reich, A. (2024, March 18). The human side of generative AI: Creating a path to productivity. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/the-human-side-of-generative-ai-creating-a-path-to-productivity>.
- Deloitte. (2024). AI readiness & management framework. Retrieved October 5, 2024, from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/public-sector/ai-readiness-and-management-framework.pdf>.
- Digital Dubai. (2024). *About Smart Dubai*. Retrieved May 29, 2024, from <https://www.digitaldubai.ae/about-us>.
- Dimitrieska, S. (2024). Generative artificial intelligence and advertising. *Trends in Economics, Finance and Management Journal*, 6(1), 23–34. <https://doi.org/10.69648/evzi2281>.
- Dittmar, J. (2011). Information technology and economic change: The impact of the printing press. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(3), 1133–1172. <https://doi.org/10.1093/qje/qjr035>.
- Dohadailo, Y., Levchenko, I., Shevchenko, I., Nesterenko, V., & Britchenko, I. (2023). Preventive anti-crisis management of road enterprises in conditions of sustainable development. In *Innovative development of the road and transport complex: Problems and prospects: Monograph* (pp. 50–68). Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-71-8.CH4>.

- Dreyfus, S. (2004). The five-stage model of adult skill acquisition. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 177–181. <https://doi.org/10.1177/0270467604264992>.
- Drucker, P. F. (1954). *The practice of management*. Harper & Row.
- Dunlop, J. (2011). The cosmic history of star formation. *Science*, 333(6039), 178–181. <https://doi.org/10.1126/science.1200644>.
- Durana, P., Krulicky, T., & Taylor, E. (2022). Working in the metaverse: Virtual recruitment, cognitive analytics management, and immersive visualization systems. *Psychosociological Issues in Human Resource Management*, 10(1), 135–148.
- Durth, S., Gandhi, N., Komm, A., & Pollner, F. (2022). HR's new operating model. *McKinsey & Company*. Retrieved December 22, 2022, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/hrs-new-operating-model#/>.
- Dyson, J. (2024). Retail trends 2024: The future of shopping takes shape. *The Future of Commerce*. Retrieved June 14, 2024, from <https://www.the-future-of-commerce.com/2024/01/15/retail-trends-2024/>.
- Egan, C. A., & Lineweaver, C. H. (2010). A larger estimate of the entropy of the universe. *The Astrophysical Journal*, 710(2), 1825–1834. <https://doi.org/10.1088/0004-637x/710/2/1825>.
- Eiden, K., Kaplan, J., Kazimierski, B., Lewis, C., & Telford, K. (2021). Organizational cyber maturity: A survey of industries. *McKinsey & Company*. Retrieved August 4, 2021, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/organizational-cyber-maturity-a-survey-of-industries>.
- Eilam, T., Bose, P., Carloni, L. P., Cidon, A., Franke, H., Kim, M. A., Lee, E. K., Naghshineh, M., Parida, P., Stein, C. S., Stein, C. S., & Tantawi, A. N. (2024). Reducing datacenter compute carbon footprint by harnessing the power of specialization: Principles, metrics, challenges and opportunities. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*. <https://doi.org/10.1109/TSM.2024.3434331>.
- Eisenhardt, K. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532–550.
- Elger, P., & Shanaghy, E. (2020). *AI as a service: Serverless machine learning with AWS* (1st ed.). Manning.
- Ellencweig, B., & Vickery, B. (2024). A clear-eyed view of gen AI for the private equity industry. *McKinsey & Company*. Retrieved August 1, 2024, from <https://www.mckinsey.com/industries/private-capital/our-insights/a-clear-eyed-view-of-gen-ai-for-the-private-equity-industry>.
- Ellingrud, K., Sanghvi, S., Dandona, G., Madgavkar, A., Chui, M., White, O., & Hasebe, P. (2023). Generative AI and the future of work in America. *McKinsey & Company*. Retrieved July 26, 2023, from <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/generative-ai-and-the-future-of-work-in-america>.
- Enescu, F. M., Marinescu, C. N., Ionescu, V. M., & Știrbu, C. (2017). System for monitoring and controlling renewable energy sources. In *Proceedings of the 9th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2017* (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1109/ECAI.2017.8166443>.
- Euronews (2024). This French start-up wants to use AI to develop new medicines more quickly. <https://www.euronews.com/health/2024/05/24/this-french-start-up-wants-to-use-ai-to-develop-new-medicines-more-quickly>.
- Eurostat. (2022). How digitalised are the EU's enterprises? *Eurostat*. Retrieved May 29, 2024, from <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220826-1>.
- European Commission. (2020). Digital Innovation Hubs (DIHs) in Europe. *European Commission*. Retrieved June 20, 2024, from <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/11432756/KS-EI-20-001-EN-N.pdf/>.
- Ezhilarasan, M., Praveena, K., Srinivasan, S., Sumathi, N., & Thambidurai, P. (2007). A new entropy encoding technique for multimedia data compression. *Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA)*, 93, 157–161. <https://doi.org/10.1109/iccima.2007.123>.
- Feixas, M., Sbert, M., Rigan, J., Bardera, A., & Xu, Q. (2014). Information theory basics. In *Springer Handbook of Computational Intelligence* (pp. 1–23). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-79555-8_1.
- Feldstein, S. (2021). *The rise of digital repression*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190057497.001.0001>.
- Felix, J., & Webb, L. (2024). Use of artificial intelligence in education delivery and assessment. *Parliamentary Office of Science and Technology*. <https://doi.org/10.58248/pn712>.
- Firat, M., Yiltas-Kaplan, D., & Samli, R. (2021). Forecasting air travel demand for selected destinations using machine learning methods. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, 27(6), 564–581. <https://doi.org/10.3897/jucs.68185>.

Fonrouge, G. (2022). Rising thefts at Walmart could lead to price jumps, store closures, CEO says. *CNBC*. Retrieved December 6, 2022, from <https://www.cnbc.com/2022/12/06/walmart-ceo-says-shoplifting-could-lead-to-price-jumps-store-closures.html>.

Forbes (2023, March 31). Goldman Sachs predicts 300 million jobs will be lost or degraded by artificial intelligence. *Forbes*. Retrieved from <https://www.forbes.com/sites/jackkelly/2023/03/31/goldman-sachs-predicts-300-million-jobs-will-be-lost-or-degraded-by-artificial-intelligence/>.

Forbes (2024, July 16). OpenAI's 5 levels of 'super AI' (AGI) to outperform human capability. *Forbes*. Retrieved July 16, 2024, from <https://www.forbes.com/sites/jodiecook/2024/07/16/openais-5-levels-of-super-ai-agi-to-outperform-human-capability/>.

Francisco, J., Flores, S., Canare, T., & Caboverde, C. (2019). Mapping Philippine workers at risk of automation in the Fourth Industrial Revolution. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3366809>.

Fyliuk, H., Pimenova, O., Pimenov, S., & Golovanenko, M. (2021). Retrospective analysis of the impact of business models of enterprises on the environment and society. *Theoretical and Applied Issues of Economics*, 1(42), pp. 1–15. <https://doi.org/10.17721/tpep.2021.42.1>.

Gade, K., Geyik, S. C., Kenthapadi, K., Mithal, V., & Taly, A. (2020). Explainable AI in industry: Practical challenges and lessons learned: Implications tutorial. *Proceedings of the Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*, 303–304. <https://doi.org/10.1145/3366424.3383110>.

Ganguly, A., & Goswami, R. (2023). Chapter 8 - Low dimensional materials in nanoelectronics. In *Nanoelectronics: Physics, Materials, and Devices* (pp. 173–192). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91832-9.00010-5>.

Gartner. (2019). The CIO's guide to artificial intelligence. *Gartner*. Retrieved June 17, 2024, from <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-cios-guide-to-artificial-intelligence>.

Geissdoerfer, M., Pieroni, M., Pigosso, D., & Soufani, K. (2020). Circular business models: A review. *Journal of Cleaner Production*, 277, 123741. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>.

Gerea, C., & Herskovic, V. (2022). Transitioning from multichannel to omnichannel customer experience in service-based companies: Challenges and coping strategies. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(2), 394–413. <https://doi.org/10.3390/jtaer17020021>.

Gingerich, O. (2009). Kepler, Galileo and the birth of modern astronomy. *Proceedings of the International Astronomical Union*, 5(S260), 172–181. <https://doi.org/10.1017/s1743921311002250>.

Ginovart, L., Urbano-Lorente, J., & López-Piquer, M. (2017). Transfer of mathematical knowledge for building medieval cathedrals. *Nexus Network Journal*, 20(1), 153–172. <https://doi.org/10.1007/s00004-017-0359-3>.

Gladysz, B., Matteri, D., Ejsmont, K., Corti, D., Bettoni, A., & Haber Guerra, R. (2023). Platform-based support for AI uptake by SMEs: Guidelines to design service bundles. *Central European Management Journal*, 31(4), 463–478. <https://doi.org/10.1108/CEMJ-08-2022-0096>.

Glassner, J., Bahrani, Z., & Mieroop, M. (2004). The invention of cuneiform: Writing in Sumer. *Choice Reviews Online*, 41(11), 41–6691. <https://doi.org/10.5860/choice.41-6691>.

Ghobakhloo, M., & Ching, N. T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration*, 16, 100107. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2019.100107>.

Ghobakhloo, M., Fathi, M., Iranmanesh, M., Maroufkhani, P., & Morales, M. (2021). Industry 4.0 ten years on: A bibliometric and systematic review of concepts, sustainability value drivers, and success determinants. *Journal of Cleaner Production*, 302, 127052. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127052>.

Goh, G. D., Agarwala, S., Goh, G. L., Dikshit, V., Sing, S. L., & Yeong, W. Y. (2016). Additive manufacturing in unmanned aerial vehicles (UAVs): Challenges and potential. *Aerospace Science and Technology*, 63(63), 140–151. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2016.12.019>.

Gómez-Caicedo, M., Bacca-Acosta, J., Gaitán-Angulo, M., Briñez Torres, C., & Cubillos Díaz, J. (2022). Business analytics approach to artificial intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.974180>.

Gooroochurn, M. (2024). Mechatronics implementation of passive building elements to improve thermal comfort and promote energy efficiency in buildings. In *Artificial intelligence, engineering systems and sustainable development: Driving the UN SDGs*. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-540-820241013>.

Gorshkov, B. (2010). Russia's factory children: State, society, and law, 1800-1917. *Choice Reviews Online*, 47(12), 47–7030. <https://doi.org/10.5860/choice.47-7030>.

Gosline, R., Zhang, Y., Li, H., Daugherty, P., Chakraborty, A., Roussiere, P., & Connolly, P. (2024). Using large language models to generate text can save time but often results in unpredictable errors. Prompting users to review outputs can improve their quality. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved May 29, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/nudge-users-to-catch-generative-ai-errors/>.

- Goyal, C., & Patwardhan, M. (2021). Strengthening work engagement through high-performance human resource practices. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 70(8), 2052–2069.
- Gnanasambandam, C., Harrysson, M., & Singh, R. (2024). How generative AI could accelerate software product time to market. *McKinsey & Company*. Retrieved May 31, 2024, from <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/how-generative-ai-could-accelerate-software-product-time-to-market>.
- Grachev, M., & Rakitsky, B. (2013). Historic horizons of Frederick Taylor's scientific management. *Journal of Management History*, 19(4), 512–527. <https://doi.org/10.1108/jmh-05-2012-0043>.
- Gu, Y., & Luo, X. (2024). AI research for power grid transmission and environmental energy saving using fuzzy evaluation. *International Journal of E-Collaboration*, 20(1). <https://doi.org/10.4018/IJeC.353871>.
- Gu, B., Santhanam, R., Berente, N., & Recker, J. (2019). Call for papers MISQ special issue on managing AI. *MIS Quarterly, Special Issue*. Retrieved June 19, 2024, from <https://misq.org/skin/frontend/default/misq/pdf/Current-Calls/ManagingAI.pdf>
- Gunawan, A. (2023). Robotic process automation to improve business process automation: A systematic literature review. *E3S Web of Conferences*, 426, 01009. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202342601009>.
- Guo, M., Tian, Y., Zhang, H., & Wu, X. (2017). From Prigogine to Raychaudhuri. *Classical and Quantum Gravity*, 34(3), 035013. <https://doi.org/10.1088/1361-6382/aa54a0>.
- Gupta, S. (2011). Profile of David M. Hillis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(28), 11320–11322. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107823108>.
- Gupta, D. (2023). Legal, ethical, and risk issues in human resources. In *Human Resource Management in the Digital Economy* (pp. 51–83). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2173-7.ch003>.
- Gyarmati, I. (1970). The principle of minimum production of entropy. In *Foundations of Nonequilibrium Thermodynamics* (pp. 113–133). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-642-51067-0_6.
- Gummerson, E. (2008). Case studies. In R. Thorpe & R. Holt (Eds.), *The Sage dictionary of qualitative management research* (pp. 38–39). Sage Publications.
- Hair, J. (2009). *Multivariate data analysis*. Pearson Education.
- Haken, H. (1984). Synergetics - Some basic concepts and recent results. In *Synergetics: An Introduction* (pp. 2–8). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-642-70210-5_1.
- Hansen, E. B., & Bøgh, S. (2021). Artificial intelligence and internet of things in small and medium-sized enterprises: A survey. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 362–372. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.08.009>.
- Haridasan, V., Usha, K., Vasu, B., Jhansi, V., & Muthukumar, K. (2023). Evaluating artificial intelligence's effect on accounting information systems for small and medium-sized enterprises. *Migration Letters*, 20(S13), 680–693. <https://doi.org/10.59670/ml.v20is13.7599>.
- Härlin, T., Rova, G., & Sokolov, O. (2023). Exploring opportunities in the generative AI value chain. *McKinsey & Company*. Retrieved April 26, 2023, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/exploring-opportunities-in-the-generative-ai-value-chain>.
- Haroon, M., Alam, Z., Kousar, R., Ahmad, J., & Nasim, F. (2024). Sentiment analysis of customer reviews on e-commerce platforms: A machine learning approach. *Bulletin of Business and Economics (BBE)*, 13(3), 230–238. <https://doi.org/10.61506/01.00480>.
- Harpaz, I. (2014). The historical development of human resource management in Israel. In *Human Resource Management in Israel* (pp. 236–268). Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9780857932990.00014>.
- Harris, R. (2001). The knowledge-based economy: Intellectual origins and new economic perspectives. *International Journal of Management Reviews*, 3(1), 21–40. <https://doi.org/10.1111/1468-2370.00052>.
- Hassabis, D., Kumaran, D., Summerfield, C., & Botvinick, M. (2017). Neuroscience-inspired artificial intelligence. *Neuron*, 95(2), 245–258. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.06.011>.
- Hazan, E., Madgavkar, A., Chui, M., Smit, S., Maor, D., Dandona, G., & Huyghues-Despointes, R. (2024, May 21). A new future of work: The race to deploy AI and raise skills in Europe and beyond. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/a-new-future-of-work-the-race-to-deploy-ai-and-raise-skills-in-europe-and-beyond>.
- He, D., Ma, M., Zeadally, S., Kumar, N., & Liang, K. (2017). Certificate less public key authenticated encryption with keyword search for industrial internet of things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(8), 3618–3627. <https://doi.org/10.1109/TII.2017.2771382>.
- He, L., Xu, Y., He, W., et al. (2024). Network model with internal complexity bridges artificial intelligence and neuroscience. *Nature Computational Science*. <https://doi.org/10.1038/s43588-024-00674-9>.

- Hegde, S., Murugan, T., & Hegde, R. (2024). Cloud robotics and automation. In *Advances in Robotics and Automation* (pp. 65–77). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1914-7.ch004>.
- Helidonis, E. S. (1993). The history of otolaryngology from ancient to modern times. *American Journal of Otolaryngology. Head and Neck Medicine and Surgery*, 14(6), 382–393. [https://doi.org/10.1016/0196-0709\(93\)90111-j](https://doi.org/10.1016/0196-0709(93)90111-j).
- Hemamalini, V., Vasuki, P., Kumari, S., & Tyagi, A. K. (2024). Industrial automation in drug discovery. In *Advances in Automation and Robotics in Drug Discovery* (pp. 159–176). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2897-2.ch008>.
- Henderson, P., Hu, J., Romoff, J., Brunskill, E., Jurafsky, D., & Pineau, J. (2020). Towards the systematic reporting of the energy and carbon footprints of machine learning. *Journal of Machine Learning Research*, 21, 1–43.
- Herrero, S., & Calvet, L. (2024). Generative artificial intelligence models in pharmacokinetics: A study on a two-compartment population model. *Springer Science Business Media LLC*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4693613/v1>.
- Hervas-Oliver, J., Gonzalez-Alcaide, G., Rojas-Alvarado, R., & Monto-Mompo, S. (2020). Emerging regional innovation policies for Industry 4.0: Analyzing the digital innovation hub program in European regions. *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 106–129. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2019-0159>.
- Hi-tech. (2024). Google will add artificial intelligence to search. Hi-tech.ua. Retrieved May 20, 2024, from <https://hi-tech.ua/en/google-will-add-artificial-intelligence-to-search/>.
- Hi-Tech. (2024, May 11). OpenAI removes 100,000 books used to train GPT-3 to avoid copyright payments. *Hi-Tech*. <https://hi-tech.ua/openai-udalila-100-000-knig-na-kotoryh-trenirovali-gpt-3-chtoby-ne-platit-za-avtorskie-prava/>.
- Hillis, D. M. (2006). Constraints in naming parts of the Tree of Life. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 42(2), 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.08.001>.
- Hillis, D., & Lewis, P. (2018). Computing the Tree of Life. *Envision*, 16(3). Retrieved August 26, 2024, from <https://www.sdsc.edu/pub/envision/v16.3/hillis.html>.
- Hinkin, T. (1995). A review of scale development practices in the study of organizations. *Journal of Management*, 21(5), 967–988.
- Ho, T., Tojib, D., & Tsrneko, Y. (2020). Human staff vs. service robot vs. fellow customer: Does it matter who helps your customer following a service failure incident? *International Journal of Hospitality Management*, 87, 102501. <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2020.102501>.
- Hoerl, R., & Redman, T. (2023). What managers should ask about AI models and data sets. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/article/what-managers-should-ask-about-ai-models-and-data-sets/>.
- Holister, S. (2024, June 28). Microsoft's AI boss thinks it's perfectly okay to steal content if it's on the open web. *The Verge*. Retrieved from <https://www.theverge.com/2024/6/28/24188391/microsoft-ai-suleyman-social-contract-freeware>.
- Holmes, B. (1905). The most ancient medical practice laws: The Code of Hammurabi, 2200 B.C. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 44(4), 293. <https://doi.org/10.1001/jama.1905.92500310037001j>.
- Hoosain, M. S., Ramakrishna, S., & Paul, B. S. (2020). The impact of 4IR digital technologies and circular thinking on the United Nations Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 12(23), 10143. <https://doi.org/10.3390/su122310143>.
- Hospitalitynet. (2017, May 24). *Virtual reality: The revolutionary new sales tool for hospitality*. Hospitalitynet. Retrieved from <https://www.hospitalitynet.org/news/4080553.html>.
- Hospitalitytech. (2017, May 24). *Robots in hospitality: Five trends on the horizon*. Hospitalitytech. Retrieved from <https://hospitalitytech.com/robots-hospitality-five-trends-horizon>.
- Hossain, M., Hossain, A., & Ansari, N. (2022). AI in 6G: Energy-efficient distributed machine learning for multilayer heterogeneous networks. *IEEE Network*, 36(6), 84–91. <https://doi.org/10.1109/mnet.104.2100422>.
- Howard, A. (2024, March 26). In AI we trust — Too much? *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/article/in-ai-we-trust-too-much/>.
- Howell, D., & Hadwick, A. (2017, May 24). *Does virtual reality have a place in travel?* EyeforTravel. Retrieved from https://www.eyefortravel.com/sites/default/files/1961_efttravel_vr_whitepaper_v2.pdf.
- Hu, Q., & Pan, Z. (2024). Is cute AI more forgivable? The impact of informal language styles and relationship norms of conversational agents on service recovery. *Electronic Commerce Research and Applications*. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2024.101398>.
- Hudaszek, K., Chomiak-Orsa, I., & Al-Dobai, S. A. M. (2024b). Reduction of carbon dioxide emissions of IT hardware. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 693). https://doi.org/10.1007/978-3-031-61069-1_17.

- Husainy, A., Mangave, S., & Patil, N. (2023). A review on robotics and automation in the 21st century: Shaping the future of manufacturing, healthcare, and service sectors. *Asian Review of Mechanical Engineering*, 12(2), 41–45. <https://doi.org/10.70112/arme-2023.12.2.4230>.
- International Federation of Robotics (IFR). (2024, September 28). *Global robot statistics*. Retrieved from https://ifr.org/img/worldrobotics/Press_Conference_2024.pdf.
- Ikeda, S., Kang, M.-I., & Ohtake, F. (2010). Hyperbolic discounting, the sign effect, and the body mass index. *Journal of Health Economics*, 29(2), 268–284. <https://doi.org/10.1016/j.jhealeco.2010.01.002>.
- Impey, C. (2017). Cosmic time: From the Big Bang to the eternal future. In *Vol. 50* (pp. 1–13). https://doi.org/10.1007/978-3-319-59909-0_1
- Ingka. (2020, April 2). *Ingka Group acquires Geomagical Labs*. Ingka Group. Retrieved from <https://www.ingka.com/newsroom/ingka-group-acquires-geomagical-labs/>.
- Irfan, M., Ravi, D., & Venugopal, D. (2019). Human capital situation in Indian pharmaceutical sector. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(3), 2980–2983. <https://doi.org/10.35940/ijrte.c4821.098319>.
- Ivanov, S., & Webster, C. (2017). Adoption of robots, artificial intelligence, and service automation by travel, tourism, and hospitality companies – A cost-benefit analysis. In *Traditions and innovations in contemporary tourism* (pp. 190–203). Cambridge Scholars Publishing.
- Ivanov, S., Webster, C., & Garenko, A. (2018). Young Russian adults' attitudes towards the potential use of robots in hotels. *Technology in Society*, 55, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.06.004>.
- Ivanova, S., Zhidkova, E., & Prosekov, A. (2023). Limiting the carbon footprint of an enterprise: Calculation methods and solutions. *Qubahan Academic Journal*, 3(4), 51–61. <https://doi.org/10.48161/qaj.v3n4a158>.
- Jabłońska, M., & Półkowski, Z. (2017). Artificial intelligence-based processes in SMEs. *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*, 86, 13–23.
- Jaiwant, S., & Vazirani, K. (2023). HR analytics in employee engagement and turnover. In *Handbook of Research on HR Practices for the Modern Workforce* (pp. 93–111). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8942-0.ch007>.
- Jampala, S. (2021). Employee engagement among IT employees during COVID-19. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Multidisciplinary Physical Sciences*, 9(5), 1. <https://doi.org/10.37082/ijrimps.2021.v09si05.009>.
- Janssen, M., Brousa, P., Estevez, E., Barbosa, L. S., & Janowski, T. (2020). Data governance: Organizing data for trustworthy artificial intelligence. *Government Information Quarterly*, 37(3). <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101493>.
- Jaramaz, J. (2023). Recruitment and selection process of personnel in the IT sector in the territory of Vojvodina. *International Journal of Management Trends: Key Concepts and Research*, 2(2), 25–39. <https://doi.org/10.58898/ijmt.v2i2.25-39>.
- Jenkins, H. H., Pellegrini, J. E., Osborne, L. A., Weissgerber, A. J., & Spencer, E. D. (2009). Correlating an 11-point verbal numeric rating scale to a 4-point verbal rating scale in the measurement of pruritis. *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 24(3), 152–155. <https://doi.org/10.1016/j.jopan.2009.01.010>.
- Joshi, R., & Kumar, S. (2018). A new weighted [formula omitted]-norm information measure with application in coding theory. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 510, 538–551. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2018.07.015>.
- Juhas, G., Mladoniczky, M., Kovacic, T., Molnar, L., Juhasova, A., & Ondrisova, M. (2022). Low-code platforms and languages: The future of software development. 2973, 286–293. <https://doi.org/10.1109/iceta57911.2022.9974697>.
- Jukic, B., Jukic, N., & Velasco, M. (2009). Enterprise information systems change, adaptation, and adoption: A qualitative study and conceptualization framework. *Information Resources Management Journal*, 22(1), 63–87.
- Jumper, J., Ronneberger, O., Cowie, A., Reiman, D., Figurnov, M., ... Hassabis, D. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. *Nature*, 596(7873), 583–589. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03819-2>.
- Jurčić, M., & Strahonja, V. (2020). Conceptual analysis of the digital innovation hub as a value delivery system. In *Proceedings of the Central European Conference on Information and Intelligent Systems* (pp. 143–150). Varazdin, Croatia. Retrieved May 31, 2024, from <https://www.croris.hr/crosbi/publikacija/prilog-skup/715900?lang=en>.
- Kalaivani, S., Sivasamy, J., Banu, D., & Begum, I. (2023). Cognitive robotics: Integrating artificial intelligence and embodied intelligence for advanced problem solving. *Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks*, 5(4), 462–480. <https://doi.org/10.36548/jaicn.2023.4.002>.
- Kande, M., & Sonmez, M. (2020, October 26). Don't fear AI. It will lead to long-term job growth. *World Economic Forum*. Retrieved from <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/dont-fear-ai-it-will-lead-to-long-term-job-growth/>.

- Kaufman, B. (2014). The origins, evolution, and current status of human resource management in the United States. In pp. 461–492. Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9780857932990.00022>.
- Kazi, K. (2024). Artificial intelligence (AI)-driven IoT (AI IoT)-based agriculture automation. In *Advances in IoT and AI in Agriculture* (pp. 72–94). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-3583-3.ch005>.
- Kermiche, A., Rouzzi, C., & Bellatreche, L. (2023). ExplainerX: An integrated and explainable AI framework for nearly zero-energy buildings. In *Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Big Data, BigData 2023* (pp. 2411–2420). <https://doi.org/10.1109/BigData59044.2023.10386148>.
- Kesari, G. (2024, May 14). Building a data-driven culture: Three mistakes to avoid. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/article/building-a-data-driven-culture-three-mistakes-to-avoid/>.
- Khan, K. (2024, July 21). Just 1 in 4 AI tasks will be cost effective in 10 years - MIT professor. *Seeking Alpha*. Retrieved from <https://seekingalpha.com/news/4126062-just-1-on-4-ai-tasks-will-be-cost-effective-in-10-years-mit-professor>.
- Khan, M., Woo, M., Nam, K., & Chathoth, P. (2017). Smart city and smart tourism: A case of Dubai. *Sustainability*, 9(12), 2279. <https://doi.org/10.3390/su9122279>.
- Khan, S., Nandy, U., & Chowdhury, M. (2023). AI robotics technology: A review. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(10), 187–194. <https://doi.org/10.9734/jerr/2023/v25i101011>.
- Khoalenyane, N. B., & Ajani, O. A. (2024). Life after COVID-19: Artificial intelligence in hotels; In-depth literature review. *International Journal of Management, Knowledge and Learning*, 13. <https://doi.org/10.53615/2232-5697.13.93-104>.
- Kim, A., Muhn, M., & Nikolaev, V. (2024). Financial statement analysis with large language models. *Chicago Booth Research Paper, Fama-Miller Working Paper*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4835311>
- Kimball, S. (2024, May 15). Microsoft's carbon emissions have risen 30% since 2020 due to data center expansion. *CNBC*. Retrieved from <https://www.cnbc.com/2024/05/15/microsofts-carbon-emissions-have-risen-30percent-since-2020-due-to-data-center-expansion.html>.
- Kimseng, T., Javed, A., Jeenanunta, C., & Kohda, Y. (2020). Applications of fuzzy logic to reconfigure human resource management practices for promoting product innovation in formal and non-formal R&D firms. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), 38. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020038>.
- Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Heithaus, M., Bustamante, P., Humber, F., Caurant, F., Hussey, N., & Charlot, K. (2014). Trophic ecology of common elasmobranchs exploited by artisanal shark fisheries off southwestern Madagascar. *Aquatic Biology*, 23(1), 29–38. <https://doi.org/10.3354/ab00602>.
- Konhäuser, K., & Werner, T. (2024). Uncovering the financial impact of energy-efficient building characteristics with eXplainable artificial intelligence. *Applied Energy*, 374, 123960. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123960>.
- Korinek, A. (2023). Generative AI for economic research: Use cases and implications for economists. *Journal of Economic Literature*, 61(4), 1281–1317. <https://doi.org/10.1257/jel.20231736>.
- Koter, D. (2015). Musical symbols: The symbiosis of religious and secular themes in art heritage. *Musicological Annual*, 50(2), 299–308. <https://doi.org/10.4312/mz.50.2.299-308>.
- Kremer, A., Govindarajan, A., & Singh, H. (2024, July 1). Embracing generative AI in credit risk. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/embracing-generative-ai-in-credit-risk>.
- Kryvovazyuk, I., Britchenko, I., Smerichevskiy, S., Kovalska, L., Dorosh, V., & Kravchuk, P. (2023). Digital transformation and innovation in business: The impact of strategic alliances and their success factors. *Economic Studies (Ikonomiccheski Izsledvania)*, 1, 3–17. Retrieved from https://www.iki.bas.bg/Journals/EconomicStudies/2023/2023-1/01_Kryvovazyuk.pdf.
- Kline, R. B. (2023). *Principles and practice of structural equation modeling*. Guilford Publications.
- Kubera, G. (2024, July 19). *OpenAI wprowadza nową wersję ChatGPT. Jest szybsza i bezpieczniejsza*. Business Insider Polska. Retrieved from <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/openai-wprowadza-nowa-wersje-chatgpt-jest-szybsza-i-beezpieczniejsza/2xk7m9e>.
- Kubera, G. (2024, July 21). *Ameryka chce zakończyć eldorado sektora AI: Nowa ustawa ukróci treści deepfake i kopiowanie bez zgody autorów*. Business Insider Polska. <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/ai-ich-przerosla-sprzedaja-biznesy-zatrudniaja-sie-w-korporacjach-i-boja-sie-sadow/z9bk3be>.
- Kubera, G. (2024, August 11). *AI ich przerosła: Sprzedają biznesy, zatrudniają się w korporacjach i boją się sądów*. Business Insider Polska. <https://businessinsider.com.pl/technologie/nowe-technologie/ai-ich-przerosla-sprzedaja-biznesy-zatrudniaja-sie-w-korporacjach-i-boja-sie-sadow/z9bk3be>.
- Kumari, P. (2024). The evolution of human resource management in the gig economy. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, 8(5), 1–5. <https://doi.org/10.55041/ijisrem34323>.

- Kunitsyna, N., Britchenko, I., & Kunitsyn, I. (2018). Reputational risks, value of losses, and financial sustainability of commercial banks. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 5(4), 943–956. [https://doi.org/10.9770/jesi.2018.5.4\(22\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2018.5.4(22)).
- Lacity, M., & Willcocks, L. (2021). Becoming strategic with intelligent automation. *MIS Quarterly Executive*, 20(2), 169–182.
- Lamarre, E., Smaje, K., & Zimmel, R. (2023). Six signature moves led by the C-suite can build organizations that will outperform in the age of digital and AI. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/rewired-to-outcompete>.
- Lamarre, E., Singla, A., Sukharevsky, A., & Zimmel, R. (2024). A generative AI reset: Rewiring to turn potential into value in 2024. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/a-generative-ai-reset-rewiring-to-turn-potential-into-value-in-2024>.
- Laplace, D. A., & Mccullick, B. A. (2020). National Football League scouting combine tests correlated to National Football League player performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(5), 1317–1329. <https://doi.org/10.1519/jsc.00000000000003479>.
- Larmin, O., Khorev, B., & Moiseyenko, V. (1972). Social-demographic aspects of urbanization in the USSR. *Soviet Geography*, 13(2), 99–108. <https://doi.org/10.1080/00385417.1972.10770304>.
- Lazear, E. P. (2015). Gary Becker's impact on economics and policy. *American Economic Review*, 105(5), 80–84. <https://doi.org/10.1257/aer.p.20151107>.
- Lee, C., & Shim, J. (2007). An exploratory study of radio frequency identification adoption in the healthcare industry. *European Journal of Information Systems*, 16(6), 712–724. <https://doi.org/10.1057/palgrave.ejis.3000716>.
- Lee, C., Park, E., Ahmad, M., Park, Y., Petrick, F., & Kang, C. (2020). The roles of cultural worldview and authenticity in tourists' decision-making process in a heritage tourism destination using a model of goal-directed behavior. *Journal of Destination Marketing & Management*, 18, 100500. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2020.100500>.
- Lei, Z., & Wang, L. (2020). A social media-based approach for organizational network analysis. *Journal of Business Research*, 112, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ibusres.2020.02.012>.
- Léon, J. (2021). Information theory: Transfer of terms, concepts and methods. In *Advances in Information and Communication Technology* (pp. 49–67). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70642-5_5.
- Lesne, A. (2014). Shannon entropy: A rigorous notion at the crossroads between probability, information theory, dynamical systems and statistical physics. *Mathematical Structures in Computer Science*, 24(3). <https://doi.org/10.1017/s0960129512000783>.
- Li, J., & Cao, H. (2017). A new generalization of von Neumann relative entropy. *International Journal of Theoretical Physics*, 56(11), 3405–3424. <https://doi.org/10.1007/s10773-017-3503-7>.
- Libarikian, A., Rowshankish, K., Berger-de León, M., & Kamalnath, V. (2024). From raw data to real profits: A primer for building a thriving data business. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/from-raw-data-to-real-profits-a-primer-for-building-a-thriving-data-business>.
- Lima, G., & Cha, M. (2020). Responsible AI and its stakeholders. *arXiv preprint arXiv:2004.11434*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.11434>.
- Lin, H. (2022). Influences of artificial intelligence in education on teaching effectiveness. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 17(24), 144–156. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i24.36037>.
- Liu, V., Greis, J., Wallance, D., & Brown, S. (2024). A board-level view of cyber resilience. *McKinsey & Company*. <https://www.mckinsey.com/capabilities/risk-and-resilience/our-insights/a-board-level-view-of-cyber-resilience>.
- Liu, X., Fan, K., Huang, X., Ge, J., Liu, Y., & Kang, H. (2024). Recent advances in artificial intelligence boosting materials design for electrochemical energy storage. *Chemical Engineering Journal*, 490, 151625. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.151625>.
- Liu, Y., & Grusky, D. (2018). *The winners of the third industrial revolution* (pp. 113–123). <https://doi.org/10.4324/9780429494642-14>.
- Longo, F., Padovano, A., & Umbrella, S. (2020). Value-oriented and ethical technology engineering in Industry 5.0: A human-centric perspective for the design of the factory of the future. *Applied Sciences*, 10(12), 4182. <https://doi.org/10.3390/app10124182>.
- Loščonci, P., Britchenko, I., & Sokolovska, O. (2022). Analysis of the main threats to the system of sustainable development and planning of the region in the context of ensuring the economic security of the state. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(5), 1411–1416. <https://doi.org/10.18280/ijssdp.170504>.
- Lu, Y., & Ramamurthy, K. (2011). Understanding the link between information technology capability and organizational agility: An empirical examination. *MIS Quarterly*, 35(4), 931–954.

- Lu, J. (2020). Artificial intelligence and business innovation. In *International Conference on E-Commerce and Internet Technology (ECIT)* (pp. 237–240). <https://doi.org/10.1109/ecit50008.2020.00061>.
- Luckey, D., Fritz, H., Legatiuk, D., Dragos, K., & Smarsly, K. (2020). Artificial intelligence techniques for smart city applications. In *Artificial Intelligence for Smart City Applications* (pp. 3–15). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_1.
- Łuczowski, T. (2001). Mój kraj to szczyt gotyckich wież: Romantyczne portrety katedr w epistolografii Zygmunta Krasińskiego. *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Litteraria Polonica*, 2, 47–58. <https://doi.org/10.18778/1505-9057.02.04>.
- Lukanova, G., & Ilieva, G. (2019). *Robots, artificial intelligence and service automation in hotels*. <https://doi.org/10.1108/978-1-78756-687-320191009>.
- Lust, J. A. (1998). *Human resource champions: The next agenda for adding value and delivering results* [Review of the book *Human Resource Champions* by D. Ulrich]. *Academy of Management Review*, 23(1), 178–180. <https://doi.org/10.5465/amr.1998.192977>.
- Macdonald, I. M. V. (1997). Field experiments on duration and precision of grey and red squirrel spatial memory. *Animal Behavior*, 54(4), 879–891. <https://doi.org/10.1006/anbe.1996.0528>.
- MacLennan, E., & Van Belle, J. (2014). Factors affecting the organizational adoption of service-oriented architecture (SOA). *Information Systems and e-Business Management*, 12, 71–100.
- Majeed, M., Irshad, M., Khan, I., & Saeed, I. (2023). The impact of team mindfulness on project team performance: The moderating role of effective team leadership. *Project Management Journal*, 54(2), 162–178. <https://doi.org/10.1177/87569728221140807>.
- Majumdar, A., Garg, H., & Jain, R. (2021). Managing the barriers of Industry 4.0 adoption and implementation in textile and clothing industry: Interpretive structural model and triple helix framework. *Computers in Industry*, 125, 103372. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103372>.
- Mandelman, F. S., & Zlate, A. (2022). Offshoring, automation, low-skilled immigration, and labor market polarization. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 14(1), 355–389. <https://doi.org/10.1257/mac.20180205>.
- Mariam, S., Khawaja, K., Ahmad, F., & Qaisar, M. (2022). Knowledge-oriented leadership, team cohesion, and project success: A conditional mechanism. *Project Management Journal*, 53(2), 128–145. <https://doi.org/10.1177/87569728211063128>.
- Marion, T., Srouf, M., & Pillar, F. (2024). When generative AI meets product development. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved July 29, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/when-generative-ai-meets-product-development/>.
- Marr, B. (2019). The 4 biggest barriers to AI adoption every business needs to tackle. *Forbes*. Retrieved May 11, 2024, from <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/02/25/the-4-biggest-barriers-to-ai-adoption-every-business-needs-to-tackle/>.
- Martynovych, N., Britchenko, I., Kolinets, L., & Popova, Y. (2024). On sustainable development under the conditions of human capital migration: A new agenda for external and internal population displacement. *Problemy Ekorozwoju*, 19(2), 23–34. <https://doi.org/10.35784/preko.6230>.
- Maslow, A. H. (1970). *Motivation and personality* (2nd ed.). Harper & Row.
- Mastercard (2019). Bangkok tops Mastercard's global destination cities index for the fourth consecutive year. *Mastercard*. Retrieved from <https://www.mastercard.com/news/insights/2019/global-destination-cities-index-2019/>.
- Masum, A., Beh, L., Azad, M., & Hoque, K. (2018). Intelligent human resource information system (i-HRIS): A holistic decision support framework for HR excellence. *International Arab Journal of Information Technology*, 15(1), 121–130.
- Matt, D., Modrák, V., & Zsífkovits, H. (2020). *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, opportunities and requirements*. Palgrave Macmillan. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-25425-4>.
- Maxwell, J. (1992). Understanding and validity in qualitative research. *Harvard Educational Review*, 62, 279–300.
- Mayer, A., Strich, F., & Fiedler, M. (2020). Unintended consequences of introducing AI systems for decision making. *MIS Quarterly Executive*, 19, 14.
- Mayo Clinic. (2024). *AI in healthcare: The future of patient care and health management*. Retrieved March 27, 2024, from <https://mcpres.mayoclinic.org/healthy-aging/ai-in-healthcare-the-future-of-patient-care-and-health-management/>.
- McGrew, K., Bulut, O., Schneider, W., & Decker, S. (2023). A psychometric network analysis of CHC intelligence measures: Implications for research, theory, and interpretation of broad CHC scores “beyond g”. *Journal of Intelligence*, 11(1), 19. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11010019>.

- McNair, D. (2022). Artificial intelligence and machine learning for lead-to-candidate decision-making and beyond. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 63(1), 77–97. <https://doi.org/10.1146/annurev-pharmtox-051921-023255>.
- Medvid, M., Ivashchenko, P., Britchenko, I., Trubavina, I., & Liutyi, V. (2021). Decision support information and analytical technology in discharge military personnel employment. *SHS Web of Conferences: 9th International Conference on Monitoring, Modeling & Management of Emergent Economy (M3E2 2021)*, 107. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202110705001>
- Meenal, R., Binu, D., Ramya, K. C., Michael, P. A., Vinoth Kumar, K., Rajasekaran, E., & Sangeetha, B. (2022). Weather forecasting for renewable energy system: A review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 2875–2891. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09695-3>
- Meske, C., Bunde, E., Schneider, J., & Gersch, M. (2022). Explainable artificial intelligence: Objectives, stakeholders, and future research opportunities. *Information Systems Management*, 39(1), 53–63. <https://doi.org/10.1080/10580530.2020.1849465>.
- Mescoli, F. (2019). *Artificial intelligence for future agile manufacturing*. Retrieved June 20, 2024, from https://www.kit.edu/kit/english/pi_2019_047_artificial-intelligence-for-future-agile-manufacturing.php.
- Michaels, E., Handfield-Jones, H., & Axelrod, B. (2001). *The war for talent*. Harvard Business Press.
- Miles, M., & Huberman, A. (1984). *Qualitative data analysis: A sourcebook of new methods*. Sage.
- Ministry of AI. (2024). *World leaders in AI by 2031. UAE National Program for Artificial Intelligence*. Retrieved May 29, 2024, from <https://ai.gov.ae/strategy/>.
- MIT SMR Connections. (2024, May 22). Strategic shift: Skills-powered organizations in the age of AI. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved from <https://sloanreview.mit.edu/mitsmr-connections/strategic-shift-skills-powered-organizations-in-the-age-of-ai/>.
- Mittal, A., Cocual, C., Erriquez, M., & Liakopoulou, T. (2024). Revolutionizing procurement: Leveraging data and AI for strategic advantage. *McKinsey & Company*. Retrieved June 13, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/revolutionizing-procurement-leveraging-data-and-ai-for-strategic-advantage>.
- McKinsey. (2023). What is cybersecurity? *McKinsey & Company*. Retrieved April 3, 2023, from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-cybersecurity>.
- McKinsey. (2024, June). Meet Lilli, our generative AI tool that’s a researcher, a time saver, and an inspiration. *McKinsey & Company*. Retrieved June 26, 2024, from <https://www.mckinsey.com/about-us/new-at-mckinsey-blog/meet-lilli-our-generative-ai-tool>.
- McKinsey. (2024, May). What is the Internet of Things (IoT)? *McKinsey & Company*. Retrieved May 28, 2024, from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-internet-of-things>.
- McQuiggan, S. W., & Lester, J. C. (2009). Modelling affect expression and recognition in an interactive learning environment. *International Journal of Learning Technology*, 4, 216–233.
- Mexi, A. (2022). Early history of landscape architecture education initiatives in Romania. In *Landscape architecture education: A global view* (pp. 198–210). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003212645-22>.
- Mhlanga, D. (2024). The influence of artificial intelligence (AI) on digital financial inclusion in the finance sector. In *FinTech, financial inclusion, and sustainable development* (July 2024). <https://doi.org/10.4324/9781032657981-14>.
- Minsky, M. (1986). *The society of mind*. Simon & Schuster.
- Misljencevic, D., Houthuys, S., Welchman, T., & Schra, U. (2024). Today’s industrial revolution calls for an organization to match. *McKinsey & Company*. Retrieved July 23, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/todays-industrial-revolution-calls-for-an-organization-to-match>.
- Misra, D., Hill, L., Laroia, G., & Hamacher, C. (2024). A better way to unlock innovation and drive change. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved September 26, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/a-better-way-to-unlock-innovation-and-drive-change/>.
- Mohamed, B., Kumar, M., & Srinivasagan, K. (2022). Quantum computing and quantum cryptography. In *Quantum computing and cryptography* (pp. 171–189). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003219880-9>.
- Mohammadi Lanbaran, N., Naujokaitis, D., Kairaitis, G., Jenciūtė, G., & Radziukynienė, N. (2024). Overview of startups developing artificial intelligence for the energy sector. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/app14188294>
- Mokyr, J., Van Der Beek, K., & Sarid, A. (2019). The wheels of change: Human capital, millwrights, and industrialization in eighteenth-century England. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3488587>.

- Moldavan, L., Pimenowa, O., & Prus, P. (2024). State support for the implementation of peasants' land rights in Ukraine in the context of European integration. *Organization and Management*, (193), 181–192. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2024.193.11>.
- Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2024). Crop rotation management in the context of sustainable development of agriculture in Ukraine. *Agriculture*, 14(6), 934. <https://doi.org/10.3390/agriculture14060934>
- Moldavan, L., Pimenowa, O., Wasilewski, M., Wasilewska, N. (2023). Sustainable development of agriculture of Ukraine in the context of climate change. *Sustainability*, 15(13), 10517. <https://doi.org/10.3390/su151310517>
- Moldavan, L., & Pimenova, O. (2021). "Holdingization" of the agricultural sector of Ukraine: Consequences and ways of their prevention. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 43(2), 217–224. <https://doi.org/10.15544/mts.2021.18>.
- Morschett, D., Zentes, J., & Schramm-Klein, H. (2010). International human resource management. In *International business: The challenges of globalization* (pp. 391–410). Gabler. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6331-4_20.
- Mouazen, A., Ramadan, M., Hernández-Lara, A., Baydoun, H., Chahine, J., Abdallah, F., & Bou Zakhem, N. (2023). Transformational and transactional leaders and their role in implementing the Kotter change management model ensuring sustainable change: An empirical study. *Sustainability*, 16(1), 16. <https://doi.org/10.3390/su16010016>.
- Mousavi, S., Gheibi, M., Waclawek, S., Smith, N. R., Hajiaghaei-Keshteli, M., & Behzadian, K. (2023). Low-energy residential building optimisation for energy and comfort enhancement in semi-arid climate conditions. *Energy Conversion and Management*, 291, 117264. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117264>.
- Mucha, T., & Seppala, T. (2020). Artificial intelligence platforms – A new research agenda for digital platform economy. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3532937>.
- Muhammad, G., & Naz, F. (2022). A moderating role of HR analytics between employee engagement, retention and organizational performance. *International Journal of Business Environment*, 13(4), 345. <https://doi.org/10.1504/ijbe.2022.126370>.
- Murphy, T. (2001). The effects of a crowded workplace on morale and productivity. *Journal of Histotechnology*, 24(1), 9–15. <https://doi.org/10.1179/014788801794812804>.
- Murray, A., & Yee, L. (2024). Embrace gen AI with eyes wide open. *McKinsey & Company*. Retrieved July 17, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/embrace-gen-ai-with-eyes-wide-open>.
- Murugesan, U., Subramanian, P., Srivastava, S., & Dwivedi, A. (2023). A study of artificial intelligence impacts on human resource digitalization in Industry 4.0. *Decision Analytics Journal*, 7, 100249. <https://doi.org/10.1016/j.da-jour.2023.100249>.
- Myers, M. (2013). *Qualitative research in business & management* (2nd ed.). Sage Publications.
- Nam, K., Dutt, C., Chathoth, P., Daghfous, A., & Khan, S. (2020). The adoption of artificial intelligence and robotics in the hotel industry: Prospects and challenges. *Electronic Markets*. <https://doi.org/10.1007/s12525-020-00442-3>.
- Narasimhan, K., Yao, S., Sumers, T., & Griffiths, T. (2023). Cognitive architectures for language agents. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2309.02427>.
- Nardinelli, C. (1980). Child labor and the factory acts. *The Journal of Economic History*, 40(4), 739–755. <https://doi.org/10.1017/s0022050700100166>.
- Narozhnaya, D. (2024). Employee retention as a priority for Russian companies in 2024. *Public Administration. E-Journal*, 105, 53–64. <https://doi.org/10.55959/msu2070-1381-105-2024-53-64>.
- Nascimento, A., & Bellini, C. (2018). Artificial intelligence and industry 4.0: The next frontier in organizations. *BAR - Brazilian Administration Review*, 15. Retrieved June 19, 2024, from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-76922018000400100&nrm=iso.
- Nascimento, A., de Melo, V., Queiroz, A., Brashear-Alejandro, T., & de Souza, M. (2021). Artificial intelligence applied to small businesses: The use of automatic feature engineering and machine learning for more accurate planning. *Revista de Contabilidade e Organizações*, 15, 1–15.
- Nascimento, A., & Meirelles, F. (2022). Factors influencing the adoption intention of artificial intelligence in small businesses. In *ISLA 2022 Proceedings*, 20. Retrieved May 19, 2024, from <https://aisel.aisnet.org/isla2022/20>.
- Nasruddin, P., & Putri, S. A. (2023). Pengaruh talent management dan knowledge management terhadap employee retention pada millennials workforce yang di moderasi oleh employee engagement. *Jurnal EMT KITA*, 7(4), 974–984. <https://doi.org/10.35870/emt.v7i4.1559>.
- Naughton, J. (2016). The evolution of the Internet: From military experiment to general purpose technology. *Journal of Cyber Policy*, 1(1), 5–28. <https://doi.org/10.1080/23738871.2016.1157619>.

- Navarra, D. (2023). Integrating artificial intelligence and sustainable technologies in strategic renewable energy and Power-to-X projects: A review of global best practices, risks and future prospects. *Society and Economy*, 45(4), 472–493. <https://doi.org/10.1556/204.2023.00012>.
- Nazri, M., Ghani, R., Abdullah, S., Ayu, M., & Samsiah, R. (2019). Predicting academican publication performance using decision tree. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 180–185.
- Neves, J., Oliveira, S., Neves, A., Oliveira, M., & Torsoni, G. (2024). Technological innovations in education: A scoping review on the impact of AI on academic integrity. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(7), e5803. <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-153>.
- Nicolis, G., & Prigogine, I. (1979). *Self-organization in nonequilibrium systems: From dissipative structures to order through fluctuations*. Mir.
- Nocko, A. (2017). Differentiation of life expectancy by sex and education. *Wiadomości Statystyczne. The Polish Statistician*, 62(8), 41–52. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.1020>.
- Noelle, H., John, M., Dunn, M., Mestek, K., Masters, K., Mathai, A., & Magin, C. (2024). Upskilling learners for quality and regulatory careers: An online, stackable micro-credential program in Colorado. *Center for Open Science*. <https://doi.org/10.35542/osf.io/wqspd>.
- Northern Illinois University Center for Innovative Teaching and Learning. (2020). Howard Gardner's theory of multiple intelligences. In *Instructional guide for university faculty and teaching assistants*. Retrieved from <https://www.niu.edu/citl/resources/guides/instructional-guide>.
- Norton, J. (2013). The end of the thermodynamics of computation: A no-go result. *Philosophy of Science*, 80(5), 1182–1192. <https://doi.org/10.1086/673714>.
- Nuscheler, D., Fiocco, D., Prabhala, P., Perdur, M., Brennan, T., & Gautam, Y. (2024). From bytes to bushels: How gen AI can shape the future of agriculture. *McKinsey & Company*. Retrieved June 10, 2024, from <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/from-bytes-to-bushels-how-gen-ai-can-shape-the-future-of-agriculture>.
- Nuvolari, A. (2006). The making of steam power technology: A study of technical change during the British Industrial Revolution. *The Journal of Economic History*, 66(2), 472–476. <https://doi.org/10.1017/s0022050706220205>.
- NVIDIA. (2024). *NVIDIA announces Project GROOT foundation model for humanoid robots and major Isaac robotics platform update*. Retrieved March 18, 2024, from <https://nvidianews.nvidia.com/news/foundation-model-isaac-robotics-platform>.
- Obedgiu, V. (2017). Human resource management, historical perspectives, evolution and professional development. *Journal of Management Development*, 36(8), 986–990. <https://doi.org/10.1108/jmd-12-2016-0267>.
- Oliveira, T., Thomas, M., & Espadanal, M. (2014). Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of the manufacturing and services sectors. *Information and Management*, 51, 497–510.
- O'Neil, C., Appel, J., & Tyner-Monroe, S. (2024). Auditing algorithmic risk. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved June 11, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/auditing-algorithmic-risk/>
- Ooi, K., Al-Emran, M., Al-Sharafi, M., Chakraborty, A., Dwivedi, Y., ... Wong, L. (2023). The potential of generative artificial intelligence across disciplines: Perspectives and future directions. *Journal of Computer Information Systems*, ahead-of-print, 1–32. <https://doi.org/10.1080/08874417.2023.2261010>.
- OpenAI. (2024). *Learning to reason with LLMs*. Retrieved September 12, 2024, from <https://openai.com/index/learning-to-reason-with-llms/>.
- Ostapenko, T., Britchenko, I., & Lošonczi, P. (2021). Research of the intelligent resource security of the nanoeconomic development innovation paradigm. *Baltic Journal of Economic Studies*, 7(5), 159–169. <https://doi.org/10.30525/2256-0742>
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2009). *Business model generation: A handbook for visionaries, game changers, and challengers*. Strategy zer series. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Oswald, F., Behrend, T., Putka, D., & Sinar, E. (2020). Big data in industrial-organizational psychology and human resource management: Forward progress for organizational research and practice. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 7, 505–533.
- Ozay, D., Jahanbakht, M., Shoomal, A., & Wang, S. (2024). Artificial intelligence (AI)-based customer relationship management (CRM): A comprehensive bibliometric and systematic literature review with outlook on future research. *Enterprise Information Systems*, 18(7). <https://doi.org/10.1080/17517575.2024.2351869>.
- Ozgul, P., Fregin, M., Stops, M., Janssen, S., & Levels, M. (2024). High-skilled human workers in non-routine jobs are susceptible to AI automation but wage benefits differ between occupations. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2404.06472>.
- Padmanabhan, T., & Padmanabhan, V. (2019). Making the Earth move. In *Earth and Environmental Sciences* (pp. 117–126). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17509-2_11.

- Pancani, L., Petilli, M. A., Riva, P., & Rusconi, P. (2023). I can't live without you: Delay discounting in smartphone usage. *Journal of Cognitive Psychology, Advance online publication*, 441–455. <https://doi.org/10.1080/20445911.2023.2195031>.
- Panda, D., Molla, K. A., Behera, D., Swain, A., Dash, M., & Baig, M. J. (2018). DNA as a digital information storage device: Hope or hype? *3 Biotech*, 8(5), 247. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1246-7>.
- Paneerselvam, S. (2019). Role of AI and bio-inspired computing in decision making. In *Artificial Intelligence and Bio-Inspired Computing* (pp. 115–136). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32530-5_8.
- Panicker, A., Sharma, A., & Khandelwal, U. (2022, May). Factorization of AI application in HRM. In *Proceedings of International Conference on Communication and Artificial Intelligence: ICCAI 2021* (pp. 637–646). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9461-2_58.
- Pasteur, M., & Emilie, S. (2024). Revolutionizing agriculture: The impact of automation on productivity and efficiency. *Journal of Robotics Spectrum*, 11(1), 23–33. <https://doi.org/10.53759/9852/jrs202402003>.
- Pathak, A., Kothari, R., Vinoba, M., Habibi, N., & Tyagi, V. (2021). Fungal bioleaching of metals from refinery spent catalysts: A critical review of current research, challenges, and future directions. *Journal of Environmental Management*, 280, 111789. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111789>.
- Peng, C., Liang, F., Xia, Y., Zhao, K., Hou, M., & Zhang, G. (2023). Recent advances and challenges in protein structure prediction. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 64(1), 76–95. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c01324>.
- Penrose, E. (1995). *The theory of the growth of the firm*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/0198289774.001.0001>.
- Pereira, C., Batocchio, A., & Anholon, R. (2017). Obstacles and difficulties implementing the lean philosophy in Brazilian enterprises. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(2), 218–227. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n2.a10>.
- Perrett, D. (2023). Early illustrations of Newcomen engines. In *Transactions of the 2nd International Early Engines Conference, Volume 2* (pp. 249–255). IECC & ISSCES. <https://doi.org/10.54267/ieec2-2-15>.
- Pimenov, S. (2024). The evolution of corporate responsibility: Navigating through pandemic to sustainability. In *Proceedings of the International Forum EFBM 3.0 "Economics. Finances. Business. Management. From recovery to growth"* (pp. 88–90). Kyiv. Retrieved from https://www.efbm.org/wp-content/uploads/2024/05/Матеріали-конференції_Конкурентоспроможність-національної-економіки.pdf.
- Pimenov, S., & Pimenova, O. (2020). Improving the efficiency of a business model of an enterprise through preparation of integrated reporting. *Theoretical and Applied Issues of Economics*, 1/2(40/41), 175–184. <https://doi.org/10.17721/ttpe.2020.41.5>.
- Pimenov, S., Pimenova, O., & Fylyuk, H. (2022). *The business model: Formation and implementation* (Monograph). Kyiv: PNE Yamchynskyi.
- Pimenov, S., Pimenova, O., & Fylyuk, H. (2021). Ecological and social consequences of the implementation of business models of modern enterprises. In *Proceedings of the XIX International Scientific and Practical Conference "Competitiveness of the National Economy"* (pp. 65–69). Kyiv. Retrieved from https://www.efbm.org/wp-content/uploads/2021/11/Матеріали_ЕП.pdf.
- Pimenova, O., & Fylyuk, H. (2014). State support of agriculture: The analysis of experience of Germany. *Zarządzanie Finansami i Rachunkowość*, 2(4), 19–30. Retrieved from <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=444298>.
- Pimenova, O., & Pimenov, S. (2023). Covid-19 pandemic and growing trends of ESG factors in business models of enterprises as a new challenge in the conditions of uncertainty and turbulence. In *Wyzwania zarządzania i finansów w warunkach niepewności: Monograph* (pp. 51–72). Lublin: Politechnika Lubelska. Retrieved from <https://bc.pol-lub.pl/dlibra/publication/14160/edition/13817/content?ref=desc>.
- Pimenova, O., Pimenov, S., & Fylyuk, H. (2020). Model of assessment of competitiveness and sustainable development of Ukrainian agricultural enterprises. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 42(3), 330–338. <https://doi.org/10.15544/mts.2020.33>.
- Pimenova, O., & Pimenov, S. (2017). Impact of integration processes in formation business-models of agri-industrial enterprise. *Zarządzanie Finansami i Rachunkowość. Journal of Financial Management and Accounting*, 5(4), 61–73. (ISSN: 2300-9683). Retrieved from <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=444298>.
- Pimenow, S. (2024). Energy efficiency and digitalization: Challenges and opportunities for Ukraine's construction industry in the context of energy shortages. *Theoretical and Applied Issues of Economics*, 2(49), 68–79.
- Pimenow, S. (2024). Investments in artificial intelligence: Value, feasibility, and scaling in the context of enterprise digitalization. *Investments: Practice and Experience*, 22, 112–120. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2024.22>.

- Pimenow, S. (2024). Information and entropy reduction: A perspective through the evolution of human societies. In *Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference "Prospective directions of modern science and education in the world"* (pp. 342–348). Rotterdam, Netherlands. <https://doi.org/10.46299/ISG.2024.2.12>.
- Pimenow, S. (2024). Evolution of human resources: From birth to hybrid intellectual capital. In *MODERNÍ ASPEKTY VĚDY: Monograph* (pp. 61–70). Jesenice: International University of Lifelong Education. <https://doi.org/10.52058/49-2024>.
- Pimenow, S. (2024). Increasing labor productivity and the threat of unemployment: Global trends in the implementation of artificial intelligence against the background of an aging population. In *Proceedings of the XI International Scientific and Practical Conference "Modern generation: Current problems, experience, development prospects"* (pp. 79–82). Seville, Spain. <https://doi.org/10.46299/ISG.2024.2.11>.
- Pimenow, S. (2024). Historical analysis of the transformation of business models of enterprises in the context of industrial revolutions. In *Proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference "Problems, priorities and prospects of sustainable development in the 21st century"* (pp. 226–228). Kamianets-Podilskyi. Retrieved from <http://elar.kpnu.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/8086/Problemy-priorytety-ta-perspektyvy-staloho-rozvytku-v-XXI-st-2024.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Pimenow, S. (2024). Potential threats of AGI in the context of hyperbolic discounting in the digital economy. In *Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference "Computer-integrated technologies of automation of technological processes"* (pp. 101–104). Hamburg, Germany. <https://doi.org/10.46299/ISG.2024.2.10>.
- Pimenow, S., Pimenowa, O., & Prus, P. (2024). The impact of business model sustainability on the financial performance of Ukraine's leading companies before the military conflict. *Sustainability*, 16(22), 10008. <https://doi.org/10.3390/su162210008>.
- Pimenowa, O., Pimenov, S., Fylyuk, H., Sitnicki, M. W., Kolosha, V., & Kurinskyi, D. (2023). Sustainable business model of modern enterprises in conditions of uncertainty and turbulence. *Sustainability*, 15(3), 2654. <https://doi.org/10.3390/su15032654>.
- Pisano, R., & Bussotti, P. (2017). Introduction. 1564–2014. Homage to Galileo Galilei. *Philosophia Scientiae*, 21(21–1), 7–15. <https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.1232>
- Polyatsky, D. (2023). Current trends in the development of small and medium-sized businesses. *Entrepreneur's Guide*, 16(4), 31–34. <https://doi.org/10.24182/2073-9885-2023-16-4-31-34>
- Popovic, D., Lakhtakia, S., Landecker, W., & Valentine, M. (2024). Avoid ML failures by asking the right questions. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved June 11, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/avoid-ml-failures-by-asking-the-right-questions/>.
- Prakash, A. (2023). Correlation of human development index (HDI) of the parents with learning quality of graduate students. *International Journal of Educational Sciences*, 43(1–3). <https://doi.org/10.31901/24566322.2023/43.1-3.1311>
- Priyanka, R., Ravindran, K., Sankaranarayanan, B., & Ali, S. (2023). A fuzzy DEMATEL decision modeling framework for identifying key human resources challenges in start-up companies: Implications for sustainable development. *Decision Analytics Journal*, 6, 100192.
- Prunkl, C. (2020). On the equivalence of von Neumann and thermodynamic entropy. *Philosophy of Science*, 87(2), 262–280. <https://doi.org/10.1086/707565>.
- Qiu, J., Zhao, J., Wen, F., Zhao, J., Gao, C., Zhou, Y., Tao, Y., & Lai, S. (2023). Challenges and pathways of low-carbon oriented energy transition and power system planning strategy: A review. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1109/TNSE.2023.3344729>.
- Quinn, P. J. (2014). Silicon innovation exploiting Moore scaling and “more than Moore” technology. In *Silicon Photonics IV: Technologies and Applications* (pp. 213–232). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07938-7_9.
- Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., d. S., Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224, 107546. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107546>.
- Rajendran, R., Priya, T., & Chitrarasu, K. (2024). Natural Language Processing (NLP) in chatbot design. In *Natural Language Processing for Chatbot Applications* (pp. 102–113). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1830-0.ch006>
- Ramadan, M., El Fawal, A., Daouk, A., Bou Zakhem, N., Youssef, S., Elia, J., Ashaal, A., & Baydoun, H. (2023). Toward digital transformation and business model innovation: The nexus between leadership, organizational agility, and knowledge transfer. *Administrative Sciences*, 13(8), 185. <https://doi.org/10.3390/admsci13080185>.

- Ramakrishnan, K. (2019). *AI from exploring to transforming: Introducing the AI maturity framework*. Element AI. Retrieved June 10, 2024, from <https://corysalveson.com/publication/eai-ramakrishnan-salveson-2020-ai-maturity-framework/EAI-Ramakrishnan-Salveson-2020-AI-maturity-framework.pdf>.
- Raman, R., Pattnaik, D., Hiran, H. Lathabai, Kumar, C., Govindan, K., & Nedungadi, P. (2024). Green and sustainable AI research: An integrated thematic and topic modeling analysis. *Journal of Big Data*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-024-00920-x>.
- Ransbotham, S., Kiron, D., Gerber, P., & Reeves, M. (2017). Research report: Reshaping business with artificial intelligence. *MIT Sloan Management Review*, Fall, 1–17. Retrieved May 10, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/projects/reshaping-business-with-artificial-intelligence/>.
- Ransbotham, S., & Khodabandeh, S. (2023). Learning from and with AI: Duolingo's Zan Gilani. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved August 1, 2023, from <https://sloanreview.mit.edu/audio/learning-from-and-with-ai-duolingo-zan-gilani/>.
- Ransbotham, S., & Khodabandeh, S. (2024). AI hype and skepticism: Economist Paul Romer. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved May 14, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/audio/ai-hype-and-skepticism-economist-paul-romer/>.
- Rasheed, A., San, I. O., & Kvamsdal, T. (2020). Digital twin: Values, challenges and enablers from a modeling perspective. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970143>.
- Rathi, S., & Kumar, P. (2024). Role of human resource (HR) analytics and metaverse in employee engagement and turnover intention. In *Emerging Trends in HR Analytics and Employee Well-being* (pp. 88–112). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-5868-9.ch006>.
- Rayhan, A. (2023). The role of AI in sustainable development: Opportunities and challenges. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20993.02407>.
- Razin, A. (1972). Optimum Investment in Human Capital. *The Review of Economic Studies*, 39(4), 455–460. <https://doi.org/10.2307/2296513>.
- Reddy, K., Kumar, P., Rangaiah, S. (2019). Artificial Intelligence (AI) in learning and development: A conceptual paper. *Journal of Management Development*, 38(1), 34–49.
- Redmore, S. (2018). *6 ways artificial intelligence is already impacting hospitality*. Retrieved March 31, 2024, from: <https://www.hotelmanagement.net/operate/6-ways-artificial-intelligence-already-impacting-hospitality>.
- Reis, L., Maier, C., Mattke, J., Creutzenberg, M., & Weitzel, T. (2020). Addressing user resistance would have prevented a healthcare AI project failure. *Bloomington, IN*. <https://doi.org/10.17705/2msqe.00038>.
- Renganayagalu, S. K., Bodal, T., Bryntesen, T.-R., & Kvalvik, P. (2024). Optimising energy performance of buildings through digital twins and machine learning: Lessons learnt and future directions. *2024 4th International Conference on Applied Artificial Intelligence, ICAPAI 2024*. <https://doi.org/10.1109/ICAPAI61893.2024.10541224>.
- Renieris, E., Kiron, D., & Mills, S. (2024). Organizations face challenges in timely compliance with the EU AI Act. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved June 13, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/organizations-face-challenges-in-timely-compliance-with-the-eu-ai-act/>.
- Rigoni, B., & Asplund, J. (2016). Developing employees' strengths boosts sales, profit, and engagement. *Harvard Business Review*. Retrieved September 1, 2016, from <https://hbr.org/2016/09/developing-employees-strengths-boosts-sales-profit-and-engagement>.
- Rodrigues, S. H., Mascarenhas, S., Dias, J., & Paiva, A. (2015). A process model of empathy for virtual agents. *Interacting with Computers*, 27(4), 371–391. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwu001>.
- Ronkainen, R., Tirri, K., Kuusisto, E., & Eisenschmidt, E. (2022). Finnish and Estonian teachers' views on the nature of intelligence. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.959215>.
- Rosário, A. (2024). Artificial intelligence in the consumer behavior process in business. In *Artificial Intelligence in Business* (pp. 39–73). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-4453-8.ch004>.
- Roth, G. (2013). Mind and intelligence. In *Mind and Intelligence* (pp. 7–23). https://doi.org/10.1007/978-94-007-6259-6_2.
- Saborido, F., Castro, A., & Rendón, G. (1992). Human resource management in Spain. *Employee Relations*, 14(5), 39–61. <https://doi.org/10.1108/01425459210022436>.
- Sadiq, R. B., Safie, N., Goudarzi, S., & Abd Rahman, A. H. (2021). Artificial intelligence maturity model: A systematic literature review. *PeerJ Computer Science*, 7(6), e661. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.661>.
- Saeed, A., Echevarria, J., & Bisht, A. (2024). How Asia is harnessing AI for social good. *McKinsey & Company*. Retrieved August 27, 2024, from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-asia/future-of-asia-podcasts/how-asia-is-harnessing-ai-for-social-good>

- Sahota, G. (1975). Investment in human capital: The role of education and of research. Theodore W. Schultz. *Economic Development and Cultural Change*, 23(3), 553–559. <https://doi.org/10.1086/450818>
- Sam Paul, B., & Anuradha, A. (2024). Artificial intelligence in different business domains. In *Artificial Intelligence in Business* (pp. 13–33). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1565-1.ch002>.
- Samoilenko, Y., Britchenko, I., Levchenko, I., Lošonczy, P., Bilichenko, O., & Bodnar, O. (2022). Economic security of the enterprise within the conditions of digital transformation. *Economic Affairs*, 67(4), 619–629. <https://doi.org/10.46852/0424-2513.4.2022.28>.
- Samuelson, W., & Zeckhauser, R. (1988). Status quo bias in decision making. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1(1), 7–59. <https://doi.org/10.1007/bf00055564>.
- Sanders, E. (2020). Mayo, Elton: The fruitful legacy of an intellectual explorer. In *Mayo, Elton* (pp. 1–20). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49820-1_17-1.
- Sathya, D., Sudha, V., & Jagadeesan, D. (2022). Application of machine learning techniques in healthcare. In *AI Applications in Healthcare* (pp. 1294–1310). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-6291-1.ch067>.
- Saunders, A., Vaidya, N., Tetelman, A., & Spirin, N. (2024). *NVIDIA NIM offers optimized inference microservices for deploying AI models at scale*. NVIDIA. Retrieved March 18, 2024, from <https://developer.nvidia.com/blog/nvidia-nim-offers-optimized-inference-microservices-for-deploying-ai-models-at-scale/>.
- Saurombe, M. D., & Barkhuizen, E. N. (2022). Talent management practices and work-related outcomes for South African academic staff. *Journal of Psychology in Africa*, 32(1), 1–6. <https://doi.org/10.1080/14330237.2021.2002033>.
- Schindler, R., & Jaitner, A. (2003). Intellectual capital: Measuring knowledge management. In *Intellectual Capital* (pp. 151–175). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24778-4_7.
- Schipolowski, S., Kovaleva, A., Schroeders, U., Wilhelm, O., Kemper, C., & Rammstedt, B. (2013). BEFKI GC-K: A short scale for the measurement of crystallized intelligence. *MDA*, 7(2). <https://doi.org/10.12758/mda.2013.010>.
- Schneider, J., Shah, T., & Abraham, J. (2024). Navigating the generative AI disruption in software. *McKinsey & Company*. Retrieved July 5, 2024, from <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/navigating-the-generative-ai-disruption-in-software>.
- Schoen, M., Diestler, D. J., & Cushman, J. H. (1990). Monte Carlo methods in classical statistical mechanics. In J. T. Devreese & P. E. Van Camp (Eds.), *Scientific Computing on Supercomputers II* (pp. 205–240). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0659-7_10.
- Schrage, M., Kiron, D., Candelon, F., Khodabandeh, S., & Chu, M. (2024). The future of strategic measurement: Enhancing KPIs with AI. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved February 12, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/projects/the-future-of-strategic-measurement-enhancing-kpis-with-ai/>.
- Schrodinger, E., & Penrose, R. (2012). *What is life?* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9781107295629>.
- Schubring, G. (2022). Textbooks in the era of the printing press: The emergence of modern textbooks. In *The History of Mathematics Education* (pp. 55–70). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17670-8_3.
- Schuetzler, R., Grimes, M., Giboney, J., & Nunamaker, J. (2018). The influence of conversational agents on socially desirable responding. *Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. <https://doi.org/10.24251/HICSS.2018.038>.
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Hompel, M. T., & Wahlster, W. (2017). *Industrie 4.0 maturity index*. Acatech. Retrieved June 20, 2024, from https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf
- Shmatkovska, T., Britchenko, I., Voitovych, S., Lošonczy, P., Lorvi, I., Kulyk, I., & Begun, S. (2022). Modern information and communication technologies in the digital economy in the system of economic security of the enterprises. *AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research*, 12(1, Special Issue XXVII), 153–156
- Scully, M. O., Rostovtsev, Y., Saryanni, Z.-E., & Suhail Zubairy, M. (2005). Using quantum erasure to exorcize Maxwell's demon: I. Concepts and context. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 29(1–2), 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2005.05.046>.
- Seising, R. (2009). The 60 years old “Information theory” and the fuzzy concept of information. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Soft Computing Applications* (pp. 13–14). IEEE. <https://doi.org/10.1109/sofa.2009.5254887>.
- Semsarpour, M. (2023). *Gartner AI maturity model*. Medium. Retrieved March 29, 2023, from <https://medium.com/@mohsen.semsarpour/gartner-ai-maturity-model-2c01fab629b6>.
- Sengar, S., Hasan, A., Kumar, S., & Carroll, F. (2024). Generative artificial intelligence: A systematic review and applications. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-024-20016-1>.

- Şentürk, H., & Keskin, C. (2010). The importance of small and medium-sized enterprises (SMEs) in economies: SWOT analysis of the SME sector in Turkey and Albania. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 3(1), 116–132.
- Sergei, T., Arkady, T., Natalya, L., Pathak, R., Samson, D., Husain, Z., & Sushil, S. (2023). Digital transformation enablers in high-tech and low-tech companies: A comparative analysis. *Australian Journal of Management*, 48(4), 801–843. <https://doi.org/10.1177/03128962231157102>.
- Shafiq, M., Bhavani, N. P. G., Venkata Naga Ramesh, J., Veeresha, R. K., Talasila, V., & Sulaiman Alfurhood, B. (2024). Thermal modeling and machine learning for optimizing heat transfer in smart city infrastructure balancing energy efficiency and climate impact. *Thermal Science and Engineering Progress*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102868>.
- Shariat Zadeh, N., Lundholm, T., Lindberg, L., & Franzén Sivard, G. (2016). Integration of digital factory with smart factory based on Internet of Things. *Proceedings of the 26th CIRP Design Conference*, 50. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.050>.
- Sharma, S. (2023). Automation and artificial intelligence for small businesses. In *CSMFL* (pp. 1–13). <https://doi.org/10.46679/978819573232401>.
- Shelby, L., & Fitchen, J. (1961). The construction of Gothic cathedrals: A study of medieval vault erection. *Technology and Culture*, 2(4), 400. <https://doi.org/10.2307/3100895>.
- Shukla, R., Saluja, S., Jain, R., & Taneja, S. (2024). Navigating HR Industry 5.0. In *Artificial Intelligence in Human Resource Management* (pp. 226–239). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1343-5.ch012>.
- Siddiqui, A. (2023). Confluence of artificial intelligence (AI) in education sector. *International Journal For Multidisciplinary Research*, 5(5). <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i05.7718>.
- Singer, A. C., & Frank, L. M. (2009). Rewarded outcomes enhance reactivation of experience in the hippocampus. *Neuron*, 64(6), 910–921. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2009.11.016>.
- Singer, R. (2016). Robots and artificial intelligence in the hotel industry. *ITB Berlin Conference Proceedings*, Berlin, Germany, March 9th–March 13th, 2016.
- Singh, A., Madaan, G., & Kumar, A. (2022). Smart manufacturing systems: A futuristics roadmap towards application of industry 4.0 technologies. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 36(3), 411–428. <https://doi.org/10.1080/0951192x.2022.2090607>.
- Singla, A., Sukharevsky, A., et al. (2024). The state of AI in early 2024: Gen AI adoption spikes and starts to generate value. *McKinsey & Company*. Retrieved May 30, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/the-state-of-ai>.
- Sinha, G. (2018). Human resource development in the globalized era. In *Human Resource Development* (pp. 1739–1748). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3909-4.ch080>.
- Sinnreich, A. (2024). How data takes on a life of its own—and what you can do about it. *McKinsey & Company*. Retrieved June 28, 2024, from <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-on-books/author-talks-how-data-takes-on-a-life-of-its-own-and-what-you-can-do-about-it>.
- Sitnicki, M. W., Kurinskyi, D., Pimenowa, O., Wasilewski, M., & Wasilewska, N. (2024). Strategic formation of agricultural market clusters in Ukraine: Emerging as a global player. *Sustainability*, 16, 9430. <https://doi.org/10.3390/su16219430>.
- Sitnicki, M. W., Pimenow, S., Horbas, I., Derkach, O., Flowers, A., Wielewska, I., Tucki, K., & Zuzek, D. K. (2024). The sustainable development and support of Ukrainian entrepreneurship in the knowledge economy. *Sustainability*, 16(13), 5682. <https://doi.org/10.3390/su16135682>.
- Sitnicki, M. W., Prykaziuk, N., Humeniuk, L., Pimenowa, O., Imbrea, F., Şmuleac, L., & Paşcalău, R. (2024). Regional perspective of using cyber insurance as a tool for protection of Agriculture 4.0. *Agriculture*, 14(2), 320. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020320>.
- Smaje, K., & Zettel, R. (2024). Gen AI and beyond: Where else to focus now. *McKinsey & Company*. Retrieved July 12, 2024, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/gen-ai-and-beyond-where-else-to-focus-now>.
- Sodhi, J. (2014). Human resource management in India. In *Human Resource Management: A Global Perspective* (pp. 211–235). Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9780857932990.00013>.
- Sommer, B., & Moncayo, G. (2023). Machine learning and artificial intelligence in building physics education. *Bau-physik*, 45(6), 305–314. <https://doi.org/10.1002/bapi.202300020>.
- Stähler, N. (2020). The impact of aging and automation on the macroeconomy and inequality. *Journal of Macroeconomics*, 67, 103278. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2020.103278>.

- Starostina, A., Sitnicki, M. W., Petrovsky, M., Kravchenko, V., & Pimenova, O. (2021). Marketing research in a transition economy of the turbulent world. *Amazonia Investiga*, 10(46), 51–70. <https://doi.org/10.34069/ai/2021.46.10.5>.
- Stepanov, M. S., Muzata, A. R., Shishkin, M. O., Kostina, N. S., & Zyuzin, V. D. (2021). Estimation of contact center performance measures in case of overload and chatbot implementation. *Proceedings of IEEE Conference*, 12, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ieeconf51389.2021.9415983>.
- Sternberg, R. (1999). The theory of successful intelligence. *General Psychology*, 3(4), 292–316. <https://doi.org/10.1037/1089-2680.3.4.292>.
- Straw, J., & Toriello, M. (2021). How tech will revolutionize retail. *McKinsey & Company*. Retrieved June 24, 2021, from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/how-tech-will-revolutionize-retail>.
- Strilets, V., Frolov, S., Yatsko, M., Tymoshenko, O., & Datsenko, V. (2022). State support for the digitalization of SMEs in European countries. *Problems and Perspectives in Management*, 20(4), 290–305. [https://doi.org/10.21511/ppm.20\(4\).2022.22](https://doi.org/10.21511/ppm.20(4).2022.22).
- Strohmeier, S. (2020). Smart HRM—a Delphi study on the application and consequences of the Internet of Things in Human Resource Management. *The International Journal of Human Resource Management*, 31(18), 2289–2318.
- Sudharsan, D., Bhuvaneshwaran, A., Kalaiarasan, T., Satheesh, D., Sushmita, V., & Jyothi, N. (2023). A multimodal AI framework for hyper automation in Industry 5.0. <https://doi.org/10.1109/icidca56705.2023.10099581>.
- Suh, D. (2003). Korean white-collar unions' journey to labor solidarity: The historic path from enterprise to industrial unionism (Vol. 11, pp. 153–180). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/s0277-2833\(03\)11007-2](https://doi.org/10.1016/s0277-2833(03)11007-2).
- Sukharevsky, A., Kondratyuk, S., Ess, A., & Emelyantsev, D. (2024). LLM to ROI: How to scale Gen AI in retail. *McKinsey & Company*. Retrieved June 28, 2024, from <https://www.mckinsey.com/industries/retail/our-insights/llm-to-roi-how-to-scale-gen-ai-in-retail>.
- Sultangazina, N., Akhayeva, Z., Zakirova, A., & Ermaganbetova, M. (2021). Artificial intelligence and machine learning. *Bulletin of Toraighyrov University. Physics & Mathematics Series*, 3, 24–33. <https://doi.org/10.48081/wcct7602>.
- Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of artificial intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly*, 36(2), 368–383. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.008>.
- Sundberg, L., & Holmström, J. (2023). Democratizing artificial intelligence: How no-code AI can leverage machine learning operations. *Business Horizons*, 66(6), 777–788. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2023.04.003>.
- Tabachnick, B., Fidell, L., & Ullman, J. (2013). *Using multivariate statistics* (Vol. 6, pp. 497–516). Pearson.
- Takahashi, D. (2024). *New global norms on responsible AI beyond the EU: The G7 Hiroshima Process international guiding principles for developing advanced AI systems and its application in Japan*. Retrieved January 11, 2024, from <https://www.ibanet.org/G7-Hiroshima-Process-international-guiding-principles-for-developing-advanced-AI-systems-application-in-Japan>.
- Talib, M., & Croock, M. (2024). Optimizing energy consumption in buildings: Intelligent power management through machine learning. *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 11(3), 765–772. <https://doi.org/10.18280/mmep.110321>.
- Tambe, P., Cappelli, P., & Yakubovich, V. (2019). Artificial intelligence in human resources management: Challenges and a path forward. *California Management Review*, 61(4), 15–42.
- Tanushev, K. (2022). Digital transformation: The impact on corporate strategy. *Economic Alternatives*, 28(3), 383–404. <https://doi.org/10.37075/ea.2022.3.01>.
- Taufik, D. (2020). PDCA cycle method implementation in industries: A systematic literature review. *IJIEEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 1(3), 157. <https://doi.org/10.22441/ijiem.v1i3.10244>.
- Teixeira, P. (2014). Gary Becker's early work on human capital – collaborations and distinctiveness. *IZA Journal of Labor Economics*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40172-014-0012-2>.
- Teo, T., Tan, M., & Buk, W. (1998). A contingency model of internet adoption in Singapore. *International Journal of Electronic Commerce*, 2(2), 95–118.
- The US Small Business Administration. (2019). *2018 small business profiles for the states and territories*. Sba.Gov. Retrieved April 25, 2018, from <https://advocacy.sba.gov/2018/04/25/2018-small-business-profiles-for-the-states-and-territories/>.
- Thomas, B. (2024). *How do you measure AI maturity in your organization?* Retrieved October 4, 2024, from <https://cxai.au/how-to-measure-ai-maturity-the-ai-maturity-model/>.
- Thompson, N. (2023). *Four-Fifths Rule: Fair Employment Selection*. Retrieved December 28, 2023, from <https://assess.com/four-fifths-rule/>.

- Timberlake, T. (2010). The statistical interpretation of entropy: An activity. *The Physics Teacher*, 48(8), 516–519. <https://doi.org/10.1119/1.3502501>.
- Titah, R. (2024). How AI skews our sense of responsibility. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved May 13, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/how-ai-skews-our-sense-of-responsibility/>.
- Tlidi, M., Panajotov, K., & Clerc, M. G. (2018). Dissipative structures in matter out of equilibrium: From chemistry, photonics, and biology, the legacy of Ilya Prigogine (Part 1). *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2124), 20180114. <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0114>.
- Todman, D. (2007). A history of caesarean section: From ancient world to the modern era. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 47(5), 357–361. <https://doi.org/10.1111/j.1479-828x.2007.00757.x>.
- Topal, R. (2021). The rise of digital repression: How technology is reshaping power, politics, and resistance. *The Information Society*, 38(1), 77–78. <https://doi.org/10.1080/01972243.2022.2014222>.
- Trendafilov, N., & Gallo, M. (2021). Factor analysis (FA). In *Handbook of Data Analysis* (pp. 141–186). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-76974-1_5.
- Tri, N., & Nhe, D. (2021). Impact of Industrial Revolution 4.0 on the labor market in Vietnam. *Research in World Economy*, 12(1), 94. <https://doi.org/10.5430/rwe.v12n1p94>.
- Tuomi, A., Tussyadiah, I., & Stienmetz, J. (2019). Service robots and the changing roles of employees in restaurants: A cross-cultural study. *E-Review of Tourism Research*, 17(5), 662–673.
- Tuomi, A., Tussyadiah, I., & Stienmetz, J. (2020). Applications and implications of service robots in hospitality. *Cornell Hospitality Quarterly*, 1–16. <https://doi.org/10.1177/1938965520923961>.
- Tussyadiah, I. (2020). A review of research into automation in tourism: Launching the *Annals of Tourism Research* curated collection on artificial intelligence and robotics in tourism. *Annals of Tourism Research*, 81, 102883. <https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102883>.
- Tüzüner, L. (2014). Human resource management in Turkey. In *Handbook of Research in Human Resource Management* (pp. 437–460). Edward Elgar. <https://doi.org/10.4337/9780857932990.00021>.
- Ukoba, K., Olatunji, K. O., Adeoye, E., Jen, T.-C., & Madyira, D. M. (2024). Optimizing renewable energy systems through artificial intelligence: Review and future prospects. *Energy and Environment*. <https://doi.org/10.1177/0958305X241256293>.
- Ulrich, D. (1996). *Human Resources Champions: The Next Agenda for Adding Value and Delivering Results* (1st ed.). Harvard Business Review Press.
- Um-e-Habiba, Ahmed, I., Asif, M., Alhelou, H. H., & Khalid, M. (2024). A review on enhancing energy efficiency and adaptability through system integration for smart buildings. *Journal of Building Engineering*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.109354>.
- Urba, S., Chervona, O., Panchenko, V., Artemenko, L., & Guk, O. (2022). Features of the application of digital technologies for human resources management of an engineering enterprise. *Ingenierie des Systemes d'Information*, 27(2), 205.
- Vadivel, S. R. S. (2024). Integrating the Industrial Revolution 5.0 with AI. In *AI for Industry 5.0* (pp. 118–147). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-4276-3.ch005>.
- Vaizey, J., & Schultz, T. (1972). Investment in human capital. *The Economic Journal*, 82(326), 787. <https://doi.org/10.2307/2230051>.
- Vakkuri, V., Kemell, K.-K., Nguyen-Duc, A., Halme, E., Mikkonen, T., Jantunen, M., & Abrahamsson, P. (2021). Time for AI (Ethics) Maturity Model Is Now. *Cornell University*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2101.12701>.
- Valentine, M., Hancock, B., & Weddle, B. (2023). Human-centered AI: The power of putting people first. *McKinsey & Company*. Retrieved December 11, 2023, from <https://www.mckinsey.com/capabilities/people-and-organizational-performance/our-insights/human-centered-ai-the-power-of-putting-people-first>.
- Van de Weerd, I., Mangula, I., & Brinkkemper, S. (2016). Adoption of software as a service in Indonesia: Examining the influence of organization factors. *Information and Management*, 53(7), 915–928.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Vinichenko, M., Makushkin, S., Rybakova, M., Chulanova, O., Kuznetsova, I., & Lobacheva, A. (2019). Using natural and artificial intelligence in the talent management system. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(3), 7417–7423.
- Vishwakarma, L., & Singh, R. (2023). Employee engagement and collaboration: An empirical investigation of factors influencing in the age of AI. *Journal of Business Research*, 151, 666–677.

- Vock, M., Preckel, F., & Holling, H. (2011). Mental abilities and school achievement: A test of a mediation hypothesis. *Intelligence*, 39(5), 357–369. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2011.06.006>.
- Vogt, W. (1999). *Dictionary of statistics and methodology: A nontechnical guide for the social sciences* (2nd ed.). London: Sage.
- Voronkova, V., Nikitenko, V., Kharchenko, J., Oleksenko, R., Kliuinenko, E., & Andriukaitiene, R. (2023). Digital technology evolution of the industrial revolution: From 4G to 5G in the context of the challenges of digital globalization. *TEM Journal*, 12(2), 732–742. <https://doi.org/10.18421/tem122-17>.
- Votto, A., Valecha, R., Najafirad, P., & Rao, H. (2021). Artificial intelligence in tactical human resource management: A systematic literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 1(2), 100047. <https://doi.org/10.1016/j.ijimei.2021.100047>.
- Vrontis, D., Christofi, M., Pereira, V., Tarba, S., Makrides, A., & Trichina, E. (2022). Artificial intelligence, robotics, advanced technologies and human resource management: A systematic review. *The International Journal of Human Resource Management*, 33(6), 1237–1266.
- Vyatkina, O. (2021). Edtech companies in Russia and their impact on the lifelong learning trend. *Eurasian Journal of Social Sciences*, 13(2), 707–713. <https://doi.org/10.15405/epsbs.2021.12.03.94>.
- Wade, M., Lagodny, A., Andersen, A., Avelines, C., & Plueckebaum, A. (2024). Do you really need a Chief AI Officer? *MIT Sloan Management Review*. Retrieved August 7, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/do-you-really-need-a-chief-ai-officer/>.
- Waddington, T. (2009). Return on investment in training. In *Encyclopedia of Information Science and Technology* (pp. 1794–1799). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-198-8.ch264>.
- Walentek, D. (2020). Determinants of the attractiveness of telework before the outbreak of the COVID-19 pandemic. *Informatyka Ekonomiczna*, 1(55), 80–95. <https://doi.org/10.15611/ie.2020.1.06>.
- Wang, Y. (2012). The cognitive mechanisms and formal models of consciousness. *International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence*, 6(2), 23–40. <https://doi.org/10.4018/jcini.2012040102>.
- Wang, J. (2020). A brief analysis of the significance of continuous workforce development. *Asian Journal of Business and Management*, 2(2). <https://doi.org/10.25236/ajbm.2020.020216>.
- Waqar, A. (2024). Intelligent decision support systems in construction engineering: Artificial intelligence and machine learning approaches. *Expert Systems with Applications*, 249, 123503. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123503>.
- Wasik, Z., Iswanto, D., & Saifuddin, M. (2024). The effect of technological innovation on sustainability and Industry 4.0 implementation: An empirical analysis of Indonesian small and medium-sized businesses. *Journal of Managerial Sciences and Studies*. <https://doi.org/10.61160/jomss.v2i2.46>.
- Washington Post. (2024). Nvidia surpasses Apple to become the world's most valuable company. *The Washington Post*. Retrieved November 5, 2024, from <https://www.washingtonpost.com/business/2024/11/05/nvidia-tops-apple/>.
- Watanabe, Y., Martini, J., & Ohmoto, H. (2000). Geochemical evidence for terrestrial ecosystems 2.6 billion years ago. *Nature*, 408(6812), 574–578. <https://doi.org/10.1038/35046052>.
- Wavestone. (2024). Data and AI executive leadership survey 2024. *Wavestone*. Retrieved August 18, 2024, from <https://www.wavestone.com/en/insight/data-and-ai-executive-leadership-survey-2024/>.
- Wermter, S. (2024). When robots get chatty: Grounding multimodal human-robot conversation and collaboration. *Proceedings of the International Conference on Artificial Neural Networks*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.00518>.
- Wilhelm, O., & Engle, R. (2005). *Handbook of Understanding and Measuring Intelligence*. Sage. DOI: <https://doi.org/10.4135/9781452233529>.
- Williams, J. J., & Lombrozo, T. (2013). Explanation and prior knowledge interact to guide learning. *Cognitive Psychology*, 66(1), 55–84. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2012.09.002>.
- Wilson, H., & Daugherty, P. (2018). Collaborative intelligence: Human and AIs are joining forces. *Harvard Business Review*, Jul–Aug, 114–123.
- Winston, A. (2024, July 11). Will AI help or hurt sustainability? Yes. *MIT Sloan Management Review*. Retrieved July 11, 2024, from <https://sloanreview.mit.edu/article/will-ai-help-or-hurt-sustainability-yes/>.
- Wulf, C. (2021). The Common Heritage of Nature and Culture in the Anthropocene. Intangible Cultural Heritage as a Challenge and Task. *SSRN Electronic Journal*. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.3816556>.
- Xie, X. (2023). Influence of AI-driven Inquiry Teaching on Learning Outcomes. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 18(23), 59–70. DOI: <https://doi.org/10.3991/ijet.v18i23.45473>.

- Yang, F., & Mao, Q. (2023). Auto-Evaluation Model for the Prediction of Building Energy Consumption That Combines Modified Kalman Filtering and Long Short-Term Memory. *Sustainability (Switzerland)*, 15(22). <https://doi.org/10.3390/su152215749>.
- Yang, P., Tseng, Y., Shiau, J., & Wee, H. (2007). Optimal replenishment policy for hi-tech industry with component cost and selling price reduction. In *Proceedings of the International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 721–733). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74472-6_59.
- Yang, Z., & Gu, J. (2024). Transformation in organizational and human resource management in the digital intelligence age. *SHS Web of Conferences*, 181, 04030. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202418104030>
- Yanovska, V., Tvoronovych, V., Levchenko, O., & Bozhok, A. (2019). Digital transformation of the Ukrainian economy: Digitization and transformation of business models. *SHS Web of Conferences*, 67, 05003. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196705003>.
- Yee, L. (2024, October 11). Generative AI represents a sociotechnical revolution with massive implications for every aspect of our lives. Keeping humans in the loop is critical for its responsible development. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/keeping-artificial-intelligence-real>.
- Yee, L., Chui, M., & Roberts, R. (2024, July 16). McKinsey Technology Trends Outlook 2024. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech>.
- Yee, L., Chui, M., Roberts, R., & Xu, S. (2024, July 24). Why agents are the next frontier of generative AI. *McKinsey & Company*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/why-agents-are-the-next-frontier-of-generative-ai>.
- Yfantopoulos, J. (2024). Life expectancy from Prehistoric times to the 21st century. *DELTA*, 34(52), 60–70. <https://doi.org/10.12681/dj.38288>
- Yin, Z., Zhu, L., Li, S., Hu, T., Chu, R., Mo, F., Hu, D., Liu, C., & Li, B. (2020). A comprehensive review on cultivation and harvesting of microalgae for biodiesel production: Environmental pollution control and future directions. *Biore-source Technology*, 301, 122804. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122804>.
- Yovcheva, I. (2023). Artificial intelligence in FMCG retail sector. *Research Papers*, 63(1), 101–113. <https://doi.org/10.37075/rp.2023.1.09>.
- Yu-Cheng, T. (2017). Should robotics need ethical codes? Robotics and ERP. *Journal of Robotics and Automation*, 1(1). <https://doi.org/10.36959/673/349>.
- Zhang, C., & Chen, Y. (2020). A review of research relevant to the emerging industry trends: Industry 4.0, IoT, blockchain, and business analytics. *Journal of Industrial Integration and Management*, 5(01), 165–180. <https://doi.org/10.1142/S2424862219500192>.
- Zha, L. (2015). Time-space and information. *Multidisciplinary Digital Institute*. <https://doi.org/10.3390/isis-summit-vienna-2015-s2026>
- Zhang, Z., Nandhakumar, J., Hummel, J., & Waardenburg, L. (2020). Addressing the key challenges of developing machine learning AI systems for knowledge-intensive work. *MIS Quarterly Executive*, 19, 13.
- Zhou, Y., & Liu, J. (2024). Advances in emerging digital technologies for energy efficiency and energy integration in smart cities. *Energy and Buildings*, 315. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114289>