

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
“УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ”**



**VII МІЖНАРОДНА ШКОЛА-СЕМІНАР  
ТЕОРІЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

**Ужгород, 29 вересня – 4 жовтня 2014 р.**

**ПРАЦІ ШКОЛИ-СЕМІНАРУ**

**УЖГОРОД – 2014**

**Програмний комітет:**

Бабич М.Д., Бардачов Ю.М., Белько І.В., Бідюк П.І., Бодянський Є.В., Буй Д.Б., Величко В.Ю., Волошин О.Ф. – співголова, Воронін А.М., Гарашенко Ф.Г., Гече Ф.Е., Головач Й.І., Григорків В.С., Гуляницький Л.Ф., Гупал А.М., Донченко В.С., Задірака В.К., Зайченко Ю.П., Згуровський М.З., Івохін Є.В., Котов В.М., Крак Ю.В., Кудін В.І., Лепа Р.М., Литвиненко В.І., Литвинов В.В., Любчик Л.М., Ляшенко І.М., Маляр М.М., Марков К., Михальов О.І., Мікловда В.П. – співголова, Панкратова Н.Д., Провотар О.І., Семенова Н.В., Сергієнко І.В., Скатков О.В., Снитюк В.Є., Тесля Ю.М., Федунів Б.Є., Хапко Р.С., Чикрій А.О., Шило В.П., Яджак М.С.

**Організаційний комітет:**

Маляр М.М. – голова, Берзлев О.Ю., Гече Ф.Е., Гренджа В.І., Кузка О.І., Міца О.В., Млавець Ю.Ю., Мулеса О.Ю., Мулеса П.П., Повідайчик М.М., Поліщук В.В., Шаркаді М.М., Штимак А.Ю.

**Підготовка матеріалів до друку:** Маляр М.М., Млавець Ю.Ю., Повідайчик М.М.

**Рецензування:** Волошин О.Ф., Гуляницький Л.Ф.

Праці VII міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень». – Ужгород, УжНУ, 2014. – 303 с.

## ЗМІСТ

|   |    |
|---|----|
| ПЕРЕДМОВА   | 10 |
| <i>Roman Chapko, Myroslav Kryven</i> QUALOCATION METHOD FOR A CAUCHY PROBLEM FOR THE LAPLACE EQUATION IN A DOUBLY CONNECTED PLANAR DOMAIN   | 11 |
| <i>Kucherenko Ye.I., Ovcharenko V.Ye., Driuk O.D.</i> METHODS OF ANALYSIS AND CONTROL OF COMPLEX INTELLIGENT OBJECTS  | 13 |
| <i>Mulesa Pavlo, Bodyanskiy Yevgeniy, Vynokurova Olena</i> MULTILAYER NEURO-FUZZY SYSTEM AND ITS LEARNING ALGORITHM FOR DIAGNOSTIC TASKS  | 15 |
| <i>Synyavska O. O.</i> SOME BAXTER ESTIMATOR IN MEASUREMENT ERROR MODEL   | 18 |
| <i>Verstiak A.V.</i> PRICE FORECASTING IN ENVIRONMENTAL ECONOMICS   | 19 |
| <i>Ziukov Serhii</i> INVENTORY MANAGEMENT UNDER UNCERTAINTY   | 20 |
| <i>Албанський І.Б., Гуменний П.В.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКИХ ОБЧИСЛЕНЬ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ З СУМАТОРАМИ НА ОСНОВІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ                             | 21 |
| <i>Андрашко Ю. В., Кузка О. І.</i> ЗВЕДЕННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО БУЛЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДО ПОСЛІДОВНОСТІ ОДНОКРИТЕРІАЛЬНИХ ЗАДАЧ                                     | 23 |
| <i>Арцирий Е.А., Антощук С.Г.</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОАЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕЙСТВУЮЩЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ         | 24 |
| <i>Бабенко Ю.В., Кирия Р.В., Михалёв А.И.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛИРУЮЩИХ БУНКЕРОВ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА                            | 25 |
| <i>Бабилунга О.Ю., Антощук С.Г., Крылов В.Н.</i> ОЦЕНКА ДОСТИЖЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ КВАЗИГРАДИЕНТНОГО ИТЕРАТИВНОГО МЕТОДА В ПРОСТРАНСТВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ      | 26 |
| <i>Бабич М. Д.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕНЬ В ЗАДАЧАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ   | 27 |
| <i>Бабичев С.А., Стрелковская Л. А.</i> НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА ХЕББА   | 28 |
| <i>Бедратюк Л.Л.</i> НЕЧІТКА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ СПОЖИВЧИХ БЛАГ  | 30 |
| <i>Белько И.В., Криштанович Е.А., Лапко В.В.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДЕКСА ДАХ ФИНАНСОВОГО РЫНКА ГЕРМАНИИ МЕТОДОМ PLS   | 32 |
| <i>Берзлев О.Ю.</i> КОНЦЕПЦІЇ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ДІЯЛЬНОСТІ ФІНАНСОВИХ УСТАНОВ  | 35 |
| <i>Бештей А.В., Гарасим Я.С., Остудін Б.А.</i> ПРО ОТРИМАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ДЕЯКИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТЕОРІЇ ПОТЕНЦІАЛУ   | 36 |
| <i>Бігун Р. Р., Цегелик Г. Г.</i> АПАРАТ НЕКЛАСИЧНИХ МІНОРАНТ НЬЮТОНА ФУНКЦІЙ ДВОХ ДІЙСНИХ ЗМІННИХ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ЧИСЕЛЬНОМУ АНАЛІЗІ                                      | 38 |
| <i>Біла Г.Д., Кнопов Д.О.</i> ОЦІНКА МАЙЖЕ ПЕРІОДИЧНОГО СИГНАЛУ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ІЗ СИЛЬНОЮ ЗАЛЕЖНІСТЮ  | 41 |
| <i>Быць А.В.</i> РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ КООПЕРАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСОБЕЙ  | 42 |
| <i>Богучарский С.И., Машталир С.В.</i> ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОДАНЫХ   | 43 |
| <i>Бодяньський Є.В., Винокурова О.А., Харченко О.О., Шкуро К.О.</i> ПОСЛІДОВНЕ НАВЧАННЯ ГІБРИДНОЇ ВЕЙВЛЕТ-МАШИНИ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ   | 45 |
| <i>Бодяньський Є.В., Дейнеко А.О., Дейнеко Ж.В., Плісс І.П.</i> АДАПТИВНИЙ МЕТОД НАВЧАННЯ СИНАПТИЧНИХ ВАГ, АКТИВАЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ТА АРХІТЕКТУРИ РАДІАЛЬНО-БАЗИСНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ | 47 |
| <i>Бодяньський Є.В., Тищенко О.К., Копаліані Д.С.</i> НЕО-ФАЗЗИ КАСКАДНА СИСТЕМА ЗІ ЗМІННОЮ КІЛЬКІСТЮ ВУЗЛІВ У КАСКАДАХ   | 49 |

|   |    |
|---|----|
| <i>Бойко О. О., Шаламов М. О., Бодяньський Є. В.</i> БАГАТОКРОКОВЕ АДАПТИВНЕ САМОНАВЧАННЯ ЗА Д. ХЕББОМ - Е. ОЯ В АНАЛІЗІ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТІВ                                 | 51 |
| <i>Брицький С.В.</i> МЕТОД ВИБОРА АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ ДЛЯ WEB ПРИЛОЖЕНІЙ   | 53 |
| <i>Бутусов О.Д.</i> ОЦІНКА ВПЛИВУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ НА СТАБІЛЬНІСТЬ БЮДЖЕТУ  | 55 |
| <i>Вінничук І.С.</i> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІНЬОВОЇ ТА ЛЕГАЛЬНОЇ ЕКОНОМІК  | 57 |
| <i>Вінничук О.Ю.</i> ДЕЯКІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ  | 59 |
| <i>Возна Н.Я., Заведюк Т.М., Николайчук Я.М., Островка І.І., Сабадаш І.І.</i> ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОГО КВАДРАТИЧНО-ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ | 60 |
| <i>Вороненко М.А., Абрамов Г.С.</i> СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ В РЕГИОНЕ   | 62 |
| <i>Воронич А.Р.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ОБЧИСЛЕННЯ ЕНТРОПІЇ  | 64 |
| <i>Гайворонская Г.С.</i> ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ МЕРЕЖ МАЙБУТНЬОГО   | 67 |
| <i>Гайворонская Г.С., Яцук П.П., Ганницький І.В., Казак Ю.С.</i> ОЦЕНКА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ИКТ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА                                  | 69 |
| <i>Гецько О. М.</i> ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТІ І ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ ФУНКЦІОНАЛІВ  | 71 |
| <i>Гече Ф. Е., Коцовський В. М., Батюк А.С., Вашкеба М. М.</i> КРИТЕРІЙ РЕАЛІЗОВАНОСТІ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ ОДНИМ НЕЙРОННИМ ЕЛЕМЕНТОМ З УЗАГАЛЬНЕНОЮ ПОРОГОВОЮ ФУНКЦІЄЮ АКТИВАЦІЇ  | 72 |
| <u>Гладун В.П.</u> , <i>Святогор Л.А.</i> СЕМАНТИКО – ПРАГМАТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ТЕКСТОВ   | 74 |
| <i>Глебена М.І., Цегелик Г.Г.</i> ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД МАЖОРАНТНОГО ТИПУ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕГЛАДКИХ ЛОГАРИФМІЧНО ВГНУТИХ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ                                       | 75 |
| <i>Голік А.О., Донченко В.С., Крак Ю.В.</i> ВИДІЛЕННЯ ОЗНАК У ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ДАКТИЛЕМ   | 77 |
| <i>Гомозов Є.П., Кулагіна К.М.</i> МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ  | 78 |
| <i>Гончаренко М.О.</i> АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ВІДЕО ПОТОКУ  | 79 |
| <i>Гренджа В.І., Брила А.Ю., Антосяк П.П.</i> ПРО ДОСЯЖНІСТЬ НЕЧІТКИХ ЦІЛЕЙ У ЗАДАНИЙ СУБОРДИНАЦІЇ СТРОГОГО РАНЖУВАННЯ  | 81 |
| <i>Григорків В.С., Іщенко С.В.</i> МОДЕЛІ РИНКУ ЗЕМЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ: АПРОБАЦІЯ ТА АДЕКВАТНІСТЬ   | 82 |
| <i>Григорків М.В.</i> ДО ПИТАННЯ ПРО ПОБУДОВУ ТА АДЕКВАТНІСТЬ МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ  | 83 |
| <i>Гринберг Г.Л., Любчик Л.М.</i> РАНЖИРОВАНИЕ АБИТУРИЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ИХ ПОДГОТОВКИ   | 84 |
| <i>Гуляницький Л.Ф.</i> ФОРМАЛІЗАЦІЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧ ВИБОРУ ОДНОГО КЛАСУ  | 86 |
| <i>Гуляницький Л. Ф., Павленко А.І.</i> НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ АЛГОРИТМУ ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ  | 90 |
| <i>Дідик О.О., Передерій В.І., Бардачов Ю.М.</i> РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ  | 94 |
| <i>Добуляк Л. П.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ПОЛОЖЕНЬ ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МАЛОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ   | 96 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Донченко В., Тарасова О., Назарага И.</i> КОРТЕЖНІ ОПЕРАТОРИ В МАТРИЧНИХ ПРОСТОРАХ: РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ  | 98  |
| <i>Домрачев В.М., Терещук Г.М.</i> ЗАСТОСУВАННЯ НАУКАСТИНГУ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ВВП УКРАЇНИ  | 100 |
| <i>Евтушенко Г.Л., Кузнецов В.И., Михалёв А.И.</i> МОДЕЛЬ ПРОЦЕСА ПРИНЯТТЯ РЕШЕНЬ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МЕТОДОВ КАК ОБОБЩЕНИЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА        | 101 |
| <i>Емеличев В.А.</i> ЗАДАЧА МАРКОВИЦА С КРИТЕРИЯМИ АЗАРТНОГО ИНВЕСТОРА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ   | 103 |
| <i>Желдак Т.А.</i> ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OLAP ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА   | 105 |
| <i>Желдак Т.А., Гаранжа Д.М.</i> ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ                                  | 107 |
| <i>Задірака В.К.</i> СТРАТЕГІЇ ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ТОЧНІСТЮ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ                                  | 109 |
| <i>Зайченко Ю.П.</i> МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ  | 110 |
| <i>Заїка Т.С.</i> ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОРИНКУ   | 113 |
| <i>Заховалко Т.В., Иванов С.М.</i> ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ІНТЕРНЕТ-ПРОЕКТУ НА БАЗІ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ                    | 114 |
| <i>Ильина Е. П.</i> МЕХАНИЗМЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОГЕРЕНТНОСТИ ПОЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ   | 116 |
| <i>Йовбак Є.С., Слюсарчук П.В.</i> ЦЕНТРАЛЬНА ГРАНИЧНА ТЕОРЕМА ДЛЯ СУМ ВИПАДКОВОЇ КІЛЬКОСТІ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН   | 118 |
| <i>Івохін Є.В., Аджубей Л.Т., Субхі Камл А.Б.</i> АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОДНІЄЇ ДВОРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ                         | 120 |
| <i>Касянчук М.М., Якименко І.З., Давлетова А.Я., Долинюк Т.М., Рендзеняк Н.А.</i> МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ МОДУЛІВ ДОСКОНАЛОЇ ФОРМИ СИСТЕМИ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ | 122 |
| <i>Кириченко Л.О., Кобищкая Ю.А., Калиниченко О.В., Чалая Л.Э.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ      | 124 |
| <i>Князева Н.А., Кальченко А.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УСЛУГ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ   | 125 |
| <i>Ковальов Д.І., Волошин О.Ф.</i> СЕРВІС ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ У ФОРМАТІ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ  | 127 |
| <i>Кожуховская О.А., Фефелов А.А., Кожуховский А.Д., Бидюк П.И.</i> КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ    | 129 |
| <i>Козаченко Ю.В., Млавець Ю.Ю.</i> ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНІ ПРОСТОРИ ОРЛІЧА ТА ПРОСТОРИ $F_\psi(\Omega)$   | 131 |
| <i>Козин И.В., Зиновеева М.И.</i> О ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОАЛИЦИИ В КООПЕРАТИВНЫХ ИГРАХ   | 132 |
| <i>Козин И.В., Козина Г.Л.</i> ЗАДАЧА ПЛОСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО РАСКРОЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЗАГОТОВОК  | 134 |
| <i>Колесніков К.В., Карапетян А.Р.</i> ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЯК МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ПОШУКУ НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ В КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ                     | 135 |
| <i>Конюшенко О. В.</i> МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ МОДУЛЯ ПІДТРИМКИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРАКТИКУМІВ З ПРОГРАМУВАННЯ НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ «ТОНКОГО» КЛІЄНТА         | 136 |
| <i>Коцовський В. М., Гече Ф. Е., Вашкеба М. М.</i> ДВОПОРОГОВІ БУЛЕВІ ФУНКЦІЇ У БІПОЛЯРНОМУ БАЗИСІ   | 139 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Кравченко О. В., Плакасова Ж. М.</i> ЗАДАЧІ І МЕТОДИ ПОБУДОВИ НАВЧАЮЧИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ (ІЕС) НА ОСНОВІ ЗАДАЧНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ (ЗОМ)   | 141 |
| <i>Крак Ю.В., Кривонос Ю.Г., Отрощенко О.П., Тернов А.С.</i> ДО РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИВЧЕННЯ ЖЕСТОВИХ МОВ КОМУНІКАЦІЇ   | 143 |
| <i>Крикавський Є.В., Кузьо Н.Є.</i> ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ   | 145 |
| <i>Кудін В.І., Кудін Г.І., Онищенко А.М.</i> АНАЛІЗ МЕЗОЕКОНОМІЧНОЇ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ СКОРОЧЕННЯ ЕМІСІЙ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ   | 147 |
| <i>Кулішова Н.Є.</i> ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ ГРУП ДЛЯ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ  | 149 |
| <i>Лавер В.О., Волошин О.Ф.</i> НЕЧІТКІ УЗАГАЛЬНЕННЯ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ВИТРАТ   | 151 |
| <i>Лебедєва Т.Т., Семенова Н.В., Сергієнко Т.І.</i> СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗБУРЕНИХ КОНУСІВ У ВЕКТОРНІЙ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ  | 153 |
| <i>Литвиненко В.І., Одинець К.О., Корнелюк О.І., Вишемирська С.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ШТУЧНОЇ ІМУННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРЕТИННОЇ СТРУКТУРИ БІЛКА   | 157 |
| <i>Ломага М.М., Семенова Н.В.</i> РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЛЕКСИКОГРАФІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ З ЛІНІЙНОЮ ВЕКТОР ФУНКЦІЄЮ НА ОПУКЛІЙ МНОЖИНІ  | 159 |
| <i>Лур'є І.А., Осипенко В.В., Литвиненко В.І., Бардачов Ю. М.</i> КОМБІНОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНДУКТИВНОГО АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦІЇ І ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ   | 160 |
| <i>Любчик Л.М.</i> МЕТОДИ ПРИНЯТТЯ РЕШЕНЬ В ЗАДАЧАХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗА ДАНИХ В ІНТЕРНЕТЕ  | 162 |
| <i>Людвиченко В. О.</i> ПРО АЛГОРИТМИ ПБМ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОПОМІЖНИХ ФУНКЦІЙ НЕВ'ЯЗОК ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ЦІЛЕСПРЯМОВАНИХ ОПТИМАЛЬНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ  | 164 |
| <i>Мальшико С.А.</i> ІНФОРМАЦІОННО АНАЛІТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «NEWSCAPE»   | 166 |
| <i>Маляр М.М.</i> МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЗАДОВОЛЕНОСТІ У ЗАДАЧАХ ВИБОРУ   | 168 |
| <i>Маляр-Газда Н.М.</i> ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ГЕПАТОРЕНАЛЬНОМУ СИНДРОМІ   | 169 |
| <i>Мамай Л. М.</i> ПРО ВІДОКРЕМЛЕННЯ ІЗОЛЬОВАНИХ РОЗ'В'ЯЗКІВ НЕЛІНІЙНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ЗІ СТЕПЕНЕВОЮ НЕЛІНІЙНІСТЮ   | 170 |
| <i>Ман М.В., Мич І.А.</i> ЗАДАЧА МІНІМІЗАЦІЇ $\tilde{\alpha}$ – МОНОТОННИХ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ  | 171 |
| <i>Маринець В. В., Маринець К. В., Питьовка О. Ю.</i> ПРО ОДИН ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТЯХ ІЗ СКЛАДНОЮ СТРУКТУРОЮ КРАЮ   | 172 |
| <i>Маханець Л.Л.</i> ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ВИХОДУ НА НОВИЙ РИНОК МЕТОДАМИ ЕКОНОФІЗИКИ   | 173 |
| <i>Мич І.А.</i> ПОЛІНОМІАЛЬНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ФУНКЦІЙ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ  | 174 |
| <i>Михалёв А.И., Кирия Р.В., Водолазский Ю.А.</i> ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО ГОРНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДАМИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА   | 175 |
| <i>Михалевич В.М.</i> ДО ПОБУДОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ЗАКОНОМІРНОСТІ   | 177 |
| <i>Міца О.В., Матяшовська Б.О., Шумило Н.Я.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРІДНОЇ ПЛІВКИ З РІЗНИМИ РОЗПОДІЛАМИ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ДО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОХИБОК ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО | 178 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Мулеса О.Ю., Миронюк І.С.</i> ЗАДАЧА ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ ДЛЯ ПОБУДОВИ СОЦІАЛЬНО-ДЕМОГРАФІЧНОГО ПОРТРЕТУ ОСОБИ-ТРУДОВОГО МІГРАНТА, ЯК ПРЕДСТАВНИКА ГРУПИ ПІДВИЩЕНОГО РИЗИКУ ІНФІКУВАННЯ ВІЛ | 180 |
| <i>Николайчук Л.М.</i> МОДЕЛЬ СУБ'ЄКТА ПРАВА ТА ШИФРУВАННЯ ЙОГО КОМУНІКАЦІЙ   | 182 |
| <i>Нікітченко М.С., Шкільняк С.С., Волковицький Д.В.</i> БЕЗКВАНТОРНІ ЛОГІКИ ЧАСТКОВИХ КВАЗІАРНИХ ПРЕДИКАТІВ  | 184 |
| <i>Ніколенко В.В.</i> ПРОГНОЗУВАННЯ БУЛЬОВИХ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ   | 186 |
| <i>Ніколенко В.В., Сіка Х.М.</i> ПОТЕНЦІАЛИ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ «БІРЖОВИХ АЛГОРИТМІВ»  | 187 |
| <i>Оксіюк О.Г., Вялкова В.І.</i> ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ   | 188 |
| <i>Омельяничук Д.А.</i> УПРАВЛІННЯ ФІНАНСАМИ В АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНІЙ МОДЕЛІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ   | 189 |
| <i>Пасішній І.О., Єгорова О.В.</i> ЕВОЛЮЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ОБМЕЖЕННЯМИ НА БАЗІ ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ   | 191 |
| <i>Пашико А.О.</i> ТОЧНІСТЬ МОДЕЛЮВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ВІНЕРІВСЬКОГО ПРОЦЕСУ   | 193 |
| <i>Петров К.Э., Яковлева И.А.</i> ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОФАКТОРНОГО ОЦЕНЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВ  | 195 |
| <i>Пецько В.І., Міца О.В.</i> ПРОЕКТУВАННЯ ЧОТИРИЩАРОВИХ ПРОСВІТЛЯЮЧИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПАДІННІ СВІТЛА ПІД КУТОМ $45^{\circ}$  | 196 |
| <i>Пичугина О.С., Яковлев С.В.</i> НОВЫЕ СВОЙСТВА ОБЩЕГО МНОЖЕСТВА РАЗМЕЩЕНИЙ $E_{nk}^2(G)$   | 198 |
| <i>Пікуляк М.В.</i> ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ СТУДЕНТА В АДАПТИВНІЙ СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ЗНАНЬ  | 200 |
| <i>Пітух І.Р., Возна Н.Я.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ В ІНТЕРАКТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ   | 202 |
| <i>Піх В. Я., Кімак В.Л., Круліковський Б.Б.</i> МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є У СИСТЕМІ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВОГО БАЗИСУ КРЕСТЕНСОНА                     | 204 |
| <i>Повідайчик М.М., Шулла Р.С., Копча-Горячкіна Г.Е., Шпонтак І.Я.</i> МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИБУТКУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА   | 206 |
| <i>Погоріляк О.О.</i> ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ КОКСА   | 207 |
| <i>Поліщук В.В.</i> ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РЕФІНАНСУВАННЯ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ  | 208 |
| <i>Поліщук Д. О.</i> ПРОГНОСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ  | 209 |
| <i>Поляк І.Й., Куриця Т.І.</i> УТОЧНЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ГРАНИЧНОЇ ТЕОРЕМИ В СХЕМІ СЕРІЙ ПОСЛІДОВНОСТІ НЕЗАЛЕЖНИХ ОДНАКОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН  | 211 |
| <i>Прядко О.Я., Цегелик Г.Г.</i> ДВОКРИТЕРІАЛЬНА ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ БАНКІВСЬКОГО КРЕДИТУВАННЯ   | 212 |
| <i>Романенко В.Д., Милявський Ю.Л.</i> УПРАВЛЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ   | 214 |
| <i>Руссиян О. А.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ КРАЇН ЄС ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ  | 218 |
| <i>Рясна І. І.</i> ЗАСТОСУВАННЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ ДО ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ ШКАЛ  | 220 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Савко О.Я., Семенович Б.С.</i> АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ПІДПРИЄМСТВА   | 221 |
| <i>Селіванова А. В.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ХОЛОДИЛЬНИМ УСТАТКУВАННЯМ                | 222 |
| <i>Семенов В.В., Куліш Є.В., Цибенко М.В.</i> ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ВЕКТОРНИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ НА КОМБІНАТОРНИХ МНОЖИНАХ З РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯМ ОБЧИСЛЕНЬ | 223 |
| <i>Семенова Н.В., Олійник С.В., Орлов О.А.</i> АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ   | 225 |
| <i>Сергієнко М.П.</i> МЕТОД МАЖОРУЮЧИХ МІР ДЛЯ ДЕЯКИХ ЕКСПОНЕНЦІЙНИХ ПРОСТОРІВ ОРЛІЧА   | 227 |
| <i>Сергієнко І.В., Задірака В.К., Бабич М.Д.</i> ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЕНЬ (ПОО-41)   | 228 |
| <i>Сергієнко І.В., Шило В.П., Чупов С.В.</i> РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО МАКСИМАЛЬНИЙ ЗВАЖЕНИЙ РОЗРІЗ ГРАФУ                         | 229 |
| <i>Серебровський А.Н.</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  | 231 |
| <i>Сініцин І.П., Слабостицька О.О.</i> МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОРГАНІЗАЦІЇ, КЕРОВАНОГО ПЕРЕВАГАМИ   | 233 |
| <i>Сіпко О.М., Котик О.В.</i> ВРАХУВАННЯ ВИМОГ СТУДЕНТІВ І ВИКЛАДАЧІВ В ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ  | 236 |
| <i>Скукіс О.Є.</i> ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ  | 237 |
| <i>Снитюк В.Є.</i> СИСТЕМНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОЖИВАННЯ ЛЮДИНИ      | 239 |
| <i>Сойма М.Ю.</i> ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ $A^*$ ТА $IDA^*$ В ІГРОВИХ ЗАДАЧАХ   | 243 |
| <i>Стецюк П.І.</i> СУБГРАДІЄНТНИЙ АЛГОРИТМ З РОЗТЯГОМ ПРОСТОРУ ДЛЯ ЗАДАЧІ РОЗДІЛЕННЯ ДВОХ ПОЛІЕДРІВ   | 244 |
| <i>Терендій О.В.</i> ЗАСОБИ ПОДАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ЗНАНЬ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АСПО                                      | 246 |
| <i>Тимофієва Н. К.</i> ЗНАКОВІ БІОЛОГІЧНІ ПРОСТОРИ ТА СИМЕТРІЇ В КОМБІНАТОРИЦІ ТА БІОЛОГІЇ  | 248 |
| <i>Третинник В.В., Склярєнко О.В.</i> ОЦІНЮВАННЯ НЕРУХОМОГО МАЙНА МЕТОДАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ  | 250 |
| <i>Трофимчук О.М., Кряжич О.О.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В ЧАСІ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ   | 251 |
| <i>Трошкі В.Б.</i> ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЦЬ З $\varphi$ -СУБГАУССОВИМИ ВИПАДКОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СИГНАЛІВ                                      | 253 |
| <i>Трошкі Н.В.</i> ЗНАХОДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ МОДЕЛІ ГАУССОВОГО ОДНОРІДНОГО ТА ІЗОТРОПНОГО ВИПАДКОВОГО ПОЛЯ У $L_p(T)$ , $p \geq 1$             | 254 |
| <i>Урецька Ю.І.</i> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ЇХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ   | 256 |
| <i>Федунов Б.Е., Смеюха А.В.</i> ПРОЦЕС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ И ИМИТАЦИЯ ЕГО В СИСТЕМАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ                               | 258 |
| <i>Ходак М.В., Кучеренко Е.И.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ   | 261 |
| <i>Чупов С.В.</i> СТОХАСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЛЕКСИКОГРАФІЧНОГО ПОШУКУ РОЗВ'ЯЗКУ БУЛЕВОЇ ЗАДАЧІ ПРО РАНЕЦЬ  | 263 |
| <i>Шаркаді М.М.</i> ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ  | 265 |



|   |     |
|---|-----|
| <i>Шкільняк О.С.</i> МОДАЛЬНІ ЛОГІКИ ЧАСТКОВИХ НЕМОНОТОННИХ ПРЕДИКАТІВ  | 266 |
| <i>Штимак А.Ю.</i> ПРОЦЕДУРА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ<br>ВИПУСКНИКА ВУЗУ   | 268 |
| <i>Яджак М. С.</i> РОЗРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ<br>ВИКОНАННЯ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ НА КЛАСТЕРНИХ СИСТЕМАХ                                 | 269 |
| <i>Яковенко Олександра</i> ПРОБЛЕМА АНАЛІЗУ ЧУТЛИВОСТІ ЛІНІЙНИХ МОДЕЛЕЙ І<br>СУЧАСНІ МАТЕМАТИЧНІ ПАКЕТИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМУВАННЯ                             | 271 |
| <i>Ярема Василь Іванович, Повідайчик Мар'яна Михайлівна</i> МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ІМІДЖУ<br>ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА                                     | 273 |
| ДОДАТОК 1   | 274 |
| <i>Волошин О.Ф.</i> НОВИЙ ЗАКОН ПРО ВИЩУ ОСВІТУ – ЦЕ ШАНС   | 274 |
| <i>Головач Й.І.</i> ІНФОРМАЦІЯ, ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ   | 277 |
| <i>Доманецька І.М., Хроленко В.М.</i> МОДЕЛІ І МЕТОДИ ТЕОРІЇ НЕСИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ<br>В СППР КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ  | 279 |
| <i>Кондратенко В.А.</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА<br>В ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЖИВОЙ МАТЕРИИ  | 280 |
| <i>Сосницький А. В.</i> ПАССИОНАРНОСТЬ ГОМОГЕННО-ГЕТЕРОТРОПНЫХ<br>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ   | 282 |
| ДОДАТОК 2   | 286 |
| <i>Буй Д.Б., Шишацкая Е.В.</i> НЕКЛАСИЧЕСКИЕ ЛОГИКИ: ТРЕХЗНАЧНЫЕ ЛОГИКИ<br>КЛИНИ И ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫЕ ЦЕПИ, ЧЕТЫРЕХЗНАЧНЫЕ ЛОГИКИ, ЛОГИКИ<br>ЧАСТИЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ | 286 |
| ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ  | 295 |
| ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК  | 302 |

## ПЕРЕДМОВА

Від імені і за дорученням програмного комітету Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень» вітаю її учасників з VII числом проведення! Впевнений, що абсолютна більшість учасників є «піфагорійцями» і вірить, що «числу 7 радіє природа!» (Філон Александрійський). Число нот в музиці, число днів в тижні, число зірок в сузір'ї Великого Возу, сім чудес світу, сім чакр, сім отворів в голові людини і т.д. і т.п. А тепер до всього цього долучилось і наше число!

Бажаю всім творчої наснаги, міцного здоров'я, здійснення всіх розумних бажань, до яких, в першу чергу, рекомендую занести участь у наступному – VIII (8=1000 (у двійковому численні)– кругла дата!) зібранні в 2016 році!

В цьому році до нас долучились колеги з школи-семінару «Питання оптимізації обчислень», загальна кількість проданих тез становить число більше за 150. Як завжди, серед авторів – академіки, член-кореспонденти, професори, доктори наук, кандидати, аспіранти і студенти. Географія учасників представлена всією Україною, є учасники з Росії та Білорусі. В доповідях представлені всі наукові напрямки, заявлені програмою: філософські та методологічні основи прийняття рішень; методи прийняття рішень в умовах визначеності, ризику, невизначеності та нечіткості; моделі прийняття рішень, штучний інтелект, робототехніка; системи підтримки прийняття рішень та експертні системи; моделі прийняття рішень в соціально-економічних системах; задачі обчислювальної математики та оптимізація обчислень; методологічні засади електронної освіти.

Неможливо не зважити на нинішній складний геополітичний стан нашої держави, але потрібно розуміти, що життя продовжується, в сьогоднішні закладається підґрунтя майбутнього, в якому наука повинна зайняти чільне місце у розв'язанні цивілізаційних проблем.

Як і в попередніх збірниках праць, в Додаток №1 винесені тези доповідей, які можуть сприйматися неоднозначно, викликати дискусію. Зокрема, прошу звернути увагу на тези автора (цього тексту), присвячені новому закону про вищу освіту, прийнятому 01.07.2014 р. Верховною Радою України і підписаному Президентом 31.07.2014 р. Аналізуючи розвиток вищої освіти за попередні чотири роки, автор робить два висновки: 1) «За попередні чотири роки ніяких прогресивних зрушень у вищій освіті в Україні не відбулося, час, фактично, втрачено»; 2) «У зв'язку з появою досить прогресивного Закону про вищу освіту з'являється шанс – користуючись нормами нового закону, спрямованими на значне розширення автономії та самоврядування вишів, виправити ситуацію. Головне – не втратити шанс!». Тому хотілося б обговорити новий закон про вищу освіту і від імені учасників нашої конференції сформулювати конкретні пропозиції щодо імплементації його положень в освітню практику.

Як і в попередні роки, будуть прочитані лекції для студентів математичного факультету УжНУ. Висловили бажання прочитати лекції для студентів-магістрів проф. Зайченко Ю.П. («Нечіткі моделі та методи аналізу та прогнозування ризику банкрутства»), проф. Буй Д.Б. («Некласичні логіки», див. Додаток №2). Для студентів-бакалаврів готові прочитати лекції проф. Снитюк В.Є. («Основи еволюційного моделювання»), проф. Гуляницький Л.Ф. («Нові підходи до розв'язання задач комбінаторної оптимізації»), проф. Волошин О.Ф. («Вступ до нечіткої математики», «Основи аналізу скінченно малих»).

Плідної роботи, конструктивних дискусій, приємного відпочинку у вільний час!

Співголова програмного комітету проф. Волошин О.Ф.

**Roman Chapko, Myroslav Kryven**  
Ivan Franko National University of Lviv  
chapko@lnu.edu.ua, kryvenm@gmail.com

### QUALOCATION METHOD FOR A CAUCHY PROBLEM FOR THE LAPLACE EQUATION IN A DOUBLY CONNECTED PLANAR DOMAIN

Let  $D_i \subset \mathbb{R}^2$  be simply connected sufficiently bounded domains with smooth boundaries  $\Gamma_i$ ,  $i = 0, 1$  and let  $\bar{D}_0 \subset D_1$ . We define  $D = D_1 \setminus D_0$ , and let  $\nu$  be the outward unit normal to the boundary of  $D$ . For given smooth functions  $f_0$  and  $f_1$  we consider the following Cauchy problem of finding a function  $u \in C^2(D) \cap C^1(\bar{D})$  such that

$$\Delta u = 0 \text{ in } D \quad (1)$$

with the boundary conditions

$$u = f_0 \text{ and } \frac{\partial u}{\partial \nu} = f_1 \text{ on } \Gamma_1. \quad (2)$$

For the uniqueness of a solution to the Cauchy problem (1), (2) see, for example [1]. The solution does not in general depend continuously on the data, i.e. the problem is ill-posed in the sense of Hadamard, thus making classical methods inappropriate. We suggest to reduce the Cauchy problem to the ill-posed integral equations and then to use the Tikhonov regularization [2]. The main different of proposed approach is the use of a qualocation method [3] for the numerical solution of integral equations.

To construct the solution to (1)–(2), we shall represent it as a sum of two single-layer potentials over  $\Gamma_0$  and  $\Gamma_1$ , respectively, with unknown densities.

$$u(x) = \int_{\Gamma_0} \mu_0(y) \Phi(x, y) ds(y) + \int_{\Gamma_1} \mu_1(y) \Phi(x, y) ds(y), \quad x \in D,$$

where  $\Phi(x, y) = -\frac{1}{2\pi} \ln|x - y|$ ,  $\mu_0 \in C(\Gamma_0)$  and  $\mu_1 \in C(\Gamma_1)$  are unknown densities.

Matching this representation with the given Cauchy data in (2) using well-known properties for the restriction of these single-layer potentials and their derivatives on the boundary of the domain  $D$  [4], we get the following system of integral equations

$$\begin{cases} S_1^{(0)} \mu_0 + S_1^{(1)} \mu_1 = f_0 & \text{on } \Gamma_1, \\ D_1^{(0)} \mu_0 + \left( \frac{1}{2} I + D_1^{(1)} \right) \mu_1 = f_1 & \text{on } \Gamma_1 \end{cases} \quad (3)$$

to be solved for  $\mu_0$  and  $\mu_1$ . Here the boundary integral operators are defined by

$$\left( S_j^{(i)} \varphi \right)(x) = \int_{\Gamma_j} \varphi(y) \Phi(x, y) ds(y), \quad x \in \Gamma_j, \quad \left( D_j^{(i)} \varphi \right)(x) = \int_{\Gamma_j} \varphi(y) \frac{\partial \Phi(x, y)}{\partial \nu(x)} ds(y), \quad x \in \Gamma_j.$$

Let the boundaries  $\Gamma_0$  and  $\Gamma_1$  have the parametric representations  $\Gamma_i = \{x_i(t) = (x_{i1}(t), x_{i2}(t)), t \in [0; 2\pi]\}$ , where  $x_i: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^2$  are  $2\pi$ -periodic with  $|x'_i(t)| > 0$  for all  $t \in [0; 2\pi]$ ,  $x_i \in C^2([0; 2\pi] \times [0; 2\pi])$ ,  $i = 0, 1$ . Using these parametric representations we obtain

$$\begin{cases} \tilde{S}_1^{(0)} \psi_0 + \tilde{S}_1^{(1)} \psi_1 = \tilde{f}_1, \\ \tilde{D}_1^{(0)} \psi_0 + \left( \frac{1}{2} I + \tilde{D}_1^{(1)} \right) \psi_1 = \tilde{f}_2, \end{cases} \quad (4)$$

where  $\psi_i(t) = \varphi(x_i(t)) |x'_i(t)|$ ,  $\tilde{f}_i(t) = f_i(x_i(t))$  for  $t \in [0; 2\pi]$  and  $i, j = 0, 1$  and the parametrised integral operators are given as

$$\left( \tilde{S}_j^{(i)} \psi \right)(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \psi(\tau) H_{ij}(t, \tau) d\tau, \quad t \in [0, 2\pi], \quad \left( \tilde{D}_j^{(i)} \psi \right)(t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \psi(\tau) K_{ij}(t, \tau) d\tau, \quad t \in [0, 2\pi].$$

The kernels  $H_{ij}$  and  $K_{ij}$  for  $i, j = 0, 1$  are continuous and their smoothness depends from properties of the boundaries  $\Gamma_i$ . The system of integral equations (4) is solved by a quolocation method [3]: find  $\bar{\psi}_0, \bar{\psi}_1 \in \mathbf{T}_m = span\{\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m\}$  such that

$$\begin{cases} \langle \tilde{S}_1^{(0)} \bar{\psi}_0, \xi_i \rangle + \langle \tilde{S}_1^{(1)} \bar{\psi}_1, \xi_i \rangle = \langle f_0, \xi_i \rangle & \text{on } \Gamma_1, \quad i = 1, \dots, m, \\ \langle \tilde{D}_1^{(0)} \bar{\psi}_0, \xi_i \rangle + \left\langle \left( \frac{1}{2} I + \tilde{D}_1^{(1)} \right) \bar{\psi}_1, \xi_i \right\rangle = \langle f_1, \xi_i \rangle & \text{on } \Gamma_1, \quad i = 1, \dots, m, \end{cases}$$

where  $\langle \dots \rangle$  is a scalar product in  $L_2[0, 2\pi]$  replaced with a specifically chosen quadrature rule.

Considering that approximations  $\bar{\psi}_0, \bar{\psi}_1$  have the forms  $\bar{\psi}_0(t) = \sum_{i=1}^m a_{0i} \xi_i(t), \bar{\psi}_1(t) = \sum_{i=1}^m a_{1i} \xi_i(t)$  the system of linear equations  $Ax = b$ , where  $A \in \mathbf{R}^{2m \times 2m}, a_0, a_1, b \in \mathbf{R}^{2m}$  and  $x = [a_0, a_1]^T$  is received. To solve this system in a stable way we employ Tikhonov regularization [4]. The standard version of Tikhonov regularization amounts to solve the minimization problem  $\min_{x \in \mathbf{R}^{2m}} \left\{ \|Ax - b\|_2^2 + \lambda \|x\|_2^2 \right\}$ , where  $\lambda > 0$  is a regularization parameter.

Now we demonstrate the presented approach for the following data  $f_0(x) = 16 - 2.78x_2^2$  and  $f_1(x) = (72 - 18x_2^2) / \sqrt{81 + 7x_2^2}$ , the boundaries of the domain are chosen to be  $\Gamma_0 = \{x_0(t) = (0.5 \cos t; 0.4 \sin t - 0.3 \sin^2 t), t \in [0; 2\pi]\}$ ,  $\Gamma_1 = \{x_1(t) = (1.3 \cos t; \sin t), t \in [0; 2\pi]\}$ .

Reconstructions of the Cauchy data (solid lines) on  $\Gamma_1$  are presented in Fig.1 and Fig. 2. for  $n=32$ .

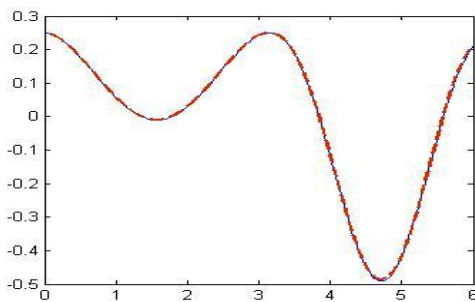


Fig.1. Function on the inner boundary

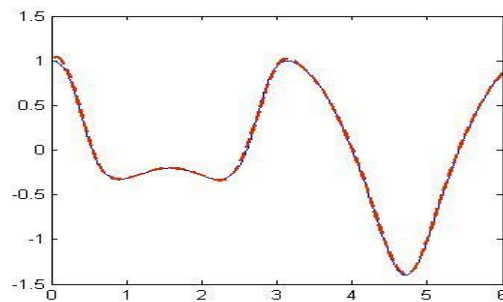


Fig. 1. Normal derivative on the inner boundary

These numerical examples show the applicability and the efficiency of proposed approach.

### Bibliography

1. Calderon A.-P. Uniqueness in the Cauchy problem for partial differential equations // American Journal of Mathematics, 1958.-**80**.- P. 16-36.
2. Chapko R., Johansson B.T., Savka Y. On the use of an integral equation approach for the numerical solution of a Cauchy problem for Laplace equation in a doubly connected planar domain // Inverse Problems in Science and Engineering, 2014.- **22**.- P. 130-149.
3. Sloan I.H. Quolocation // J. of Comput. Appl. Math., 2000.-**125**.- P. 461-478.
4. Kress R. Linear integral equations. Springer, 2013.

**METHODS OF ANALYSIS AND CONTROL OF COMPLEX INTELLIGENT OBJECTS**

In the last years there is a great interest in mobile mechatronic systems, also known as mobile robots. However, the majority of existing systems, which operate in conditions of significant uncertainty and dynamic environment, cannot work autonomously.

To implement the perspective approaches to the adaptive systems building we need to develop the algorithms of adaptive behavior and object control.

Therefore, the topic of scientific research is important and relevant. The aim of the work is research and development of methods of mobile objects control based on finding the set of local minima and then selecting the optimal solutions.

Let the production area be a rectangular field divided into unit cells. There are  $L$  loads and  $K$  mobile objects in this area. Mobile objects can pick up, move, or put down the loads.

Because of delivery of  $L_1$  new loads it is required to move  $L_2 \subseteq L$  loads to other cells, using mobile objects. The total time to perform this task should not exceed the time limit:

$$\tau \leq \tau^*, \quad (1)$$

where  $\tau^*$  is the time remaining before new loads arrival. If the time of moving the loads  $\tau > \tau^*$ , the task should be modified to meet the requirement (1).

One of the most perspective and universal methods for solving this problem is development and tuning of fuzzy system of mobile objects control.

Thus, it is necessary:

- to develop a system of fuzzy production rules for mobile objects control;
- to propose a method to tune the parameters of the fuzzy system;
- to test the quality of the method.

To develop a system of fuzzy rules we propose a method consisting of the following steps:

**Step 1.** Define the fuzzy terms for parameters  $d$ ,  $\alpha$  and  $\omega$ , and also their membership functions.

It was proposed to choose 6 fuzzy terms («big negative», «average negative», «small negative», «small positive», «average positive» and «big positive») for each of the parameters – *bias*  $\bar{d}$ , *rotation angle*  $\bar{\alpha}$  and *angular velocity*  $\bar{\omega}$ .

**Step 2.** Create a system of production rules in the form

$$R_{ij} : \text{If } d \in \tilde{d}_i \text{ and } \alpha \in \tilde{\alpha}_j \text{ with weight } w_{ij}, \text{ then } \omega \in \tilde{\omega}_k$$

where  $\tilde{d}_i$ ,  $\tilde{\alpha}_j$ ,  $\tilde{\omega}_k$  are the fuzzy terms for parameters  $d$ ,  $\alpha$  and  $\omega$  respectively.

**Step 3.** Generate a training set to tune the parameters of fuzzy model, containing the distribution parameters of fuzzy terms  $\tilde{d}_i$ ,  $\tilde{\alpha}_j$ ,  $\tilde{\omega}_k$  and weights  $w_{ij}$  of the rules.

**Step 4.** Tune the received fuzzy model.

The problem of optimal tuning of the model  $F = F(P, W)$  can be formulated as problem of minimizing the residual of function  $y^F(X)$  on the learning sample:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\bar{\omega}(X_j) - y^F(X_j))^2 \rightarrow \min_{(P, W) \in G}, \quad (2)$$

where  $G$  is a set of restrictions for vectors  $P$  and  $W$ ;  $N$  is amount of elements in the learning sample;  $X_j = (\bar{d}_j, \bar{\alpha}_j)$  is a vector of input parameters of the learning sample;  $\bar{\omega}(X_j) = \bar{\omega}(\bar{d}_j, \bar{\alpha}_j)$  is an output parameter for the learning sample.

To tune the given model and solve the problem (2) it is proposed to use a modification of very fast annealing method [1]. This modification consists in that we define a certain number  $P$  and run

the algorithm of very fast annealing  $P$  times with different initial values, and then choose the best result.

With  $P = 100$  we received the value  $R \approx 0.02$ , which providing high quality of model tuning.

Thus, in the paper:

- the analysis of existing methods and models for solving the actual problems is performed, research problem statement is formulated;
- a system of fuzzy production rules for mobile objects control is developed;
- very fast annealing method for tuning the received fuzzy system is modified to optimize the functions of mobile objects control;
- testing confirmed the adequacy of the theoretical assumptions in the paper;
- the prospect for further research is the adaptation and implementation of the modified method.

### **Bibliography**

1. Ingber, L. Simulated Annealing: Practice versus theory [Text] / L. Ingber // Mathematical and Computer Modelling. – 1993. – 18 (11). – P. 29–57.
2. Afonin, V. L. Intellectual robotic systems [Text] / V. L. Afonin, V. A. Makushkin. – Moscow: Internet University of Information Technology, 2005. – 208 p.
3. Makarov, I. M. Automation of synthesis and learning the intellectual control systems [Text] / I. M. Makarov, V. M. Lokhin and others. – Moscow: Science, 2009. – 228 c.
4. Kucherenko, Ye. I. Stochastic models and methods of suboptimal complex objects routing [Text] / Ye. I. Kucherenko, O.D. Driuk // Bionic Intelligence. – №1 (80), 2013. – C. 45–53.
5. Murata T. Petri nets: Properties, Analysis and Applications [Текст] / T. Murata // Proc. of the IEEE, 77(4), 1989. – P. 541–580.
6. Novak V. On fuzzy type theory [Текст] / V. Novak // Fuzzy Sets and Systems. – Vol. 149, Issue 2, 2005. – P. 235–273.

**MULTILAYER NEURO-FUZZY SYSTEM AND ITS LEARNING ALGORITHM FOR  
DIAGNOSTIC TASKS**

This paper is devoted to synthesis of diagnostic neuro-fuzzy system (NFS) for the case, when training set volume is comparable with input patterns dimension, and these patterns are fed for processing in on-line mode.

Architecture of considered NFS consists of six sequentially-connected layers. In the input (zero, receptive) layer of NFS  $(n \times 1)$ -dimensional vector of input signals-patterns  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T$  is fed, where  $k = 1, 2, \dots, N$  is observation number in initial data set. In this case it is supposed that all components  $x_i(k)$  preliminary are modified so that  $0 \leq x_i(k) \leq 1, \forall i = 1, 2, \dots, n$ , and binary input features have value 0 or 1.

The first hidden layer consists of  $nh$  membership function  $\mu_{li}(x_i(k)), i = 1, 2, \dots, n; l = 1, 2, \dots, h$  and provides fuzzyfication of input variables, at that the larger the number  $h$ , the better approximating properties of NFS, although it is enough to have  $h = 2$  for binary features. The second hidden layer realizes aggregation of membership levels, which are computed in the first layer, and consists of  $h$  multiplication units. The third hidden layer is one of synaptic weights  $w_{jl}, j = 1, 2, \dots, m$  which are adjusted during learning process. Proposed NFS consists of  $mh$  tuning weights, where  $m$  is a number of potential classes, one for each system output. It is clear that  $mh \ll e^n$ , i.e. number of NFS weights are significantly smaller than the number of RBFN weights. The fourth hidden layer consists of  $m+1$  summators, which compute sum of output signal of the second and the third hidden layers. In fifth hidden layer that consists of  $m$  division unit normalization of fourth layer output signals is realized. And finally output (sixth) layer consists of  $m$  non-linear activation functions, at that in diagnosis tasks it is reasonable to use the simplest signum-functions, which takes +1 value in case of right diagnosis, and -1 – otherwise. Therefore output system signals  $y_j(k)$  can take only two values  $\pm 1$ .

Thus if vector signal  $x(k)$  is fed on NFS input, the first layer elements compute membership levels  $\mu_{li}(x_i(k))$ , at that usually the bell-shaped (kernel) construction with as membership function nonstrictly local receptive field are used as membership functions. It allows to avoid appearing of “gaps” in fuzzyficated space [1]. Most often it is conventional Gaussians

$$\mu_{li}(x_i(k)) = \exp\left(-\frac{(x_i(k) - c_{li})^2}{2\sigma_i^2}\right), \quad (1)$$

where  $c_{li}$  is center parameter (in the simplest case the centers are located uniformly in the interval  $[0, 1]$  with step  $(h-1)^{-1}$ ),  $\sigma_i$  is width parameter, selected empirically or tuning with backpropagation algorithm.

It is clear that for binary variables  $x_i(k)$  it is enough to use only two triangular membership functions

$$\begin{cases} \mu_{1i}(x_i(k)) = 1 - x_i(k), \\ \mu_{2i}(x_i(k)) = x_i(k). \end{cases} \quad (2)$$

We also have to notice that membership functions (2) in some cases with success can be used for features which have arbitrary number of values, and number of synaptic weights take on minimally possible value  $2m$ .

On the outputs of second layer the aggregated values  $\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$  are appeared, at that it is simple to notice that if width parameters  $\sigma_i$  are the same for all features, i.e.  $\sigma_i = \sigma$ , that

$$\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k)) = \prod_{i=1}^n \exp\left(-\frac{(x_i(k) - c_{li})^2}{2\sigma^2}\right) = \exp\left(-\frac{\|x_i(k) - c_{li}\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

(here  $c_l = (c_{l_1}, c_{l_2}, \dots, c_{l_n})^T$ ) i.e. nonlinear transformation similar RBFN is realized.

Outputs of third hidden layer are values  $w_{jl} \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$ , forth one  $\sum_{l=1}^h w_{jl} \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$  and  $\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))$ , fifth one

$$u_j(k) = \frac{\sum_{l=1}^h w_{jl} \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))} = \sum_{l=1}^h w_{jl} \frac{\prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))}{\sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k))} = \sum_{l=1}^h w_{jl} \varphi_l(x(k)) = w_j^T \varphi(x(k))$$

(here  $\varphi_l(x(k)) = \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k)) \left( \sum_{l=1}^h \prod_{i=1}^n \mu_{li}(x_i(k)) \right)^{-1}$ ,  $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, \dots, w_{jh})^T$ ,

$\varphi(x(k)) = (\varphi_1(x(k)), \varphi_2(x(k)), \dots, \varphi_h(x(k)))^T$ ) and, finally, sixth

$$y_j(k) = \text{sign } u_j(k)$$

It is clearly to see that proposed NFS is modification of Wang-Mendel system [2, 3] that is oriented for solving on-line diagnostic-classification tasks.

For training of synaptic weights we use learning algorithm based on specialized criterion [4], which is aimed for solving pattern recognition, classification, diagnostic tasks etc.

Let us introduce  $m$  errors of learning

$$e_j(k) = d_j(k) - y_j(k) = d_j(k) - \text{sign } u_j(k)$$

and  $m$  criterions based on these errors

$$E_j(k) = e_j(k) u_j(k) = d_j(k) u_j(k) - |u_j(k)| = (d_j(k) - \text{sign } w_j^T \varphi(x(k))) \cdot w_j^T \varphi(x(k)), \quad (3)$$

where  $d_j(k) \in \{-1, 1\}$  is training signal, having value 1, if input vector  $x(k)$  belongs to  $j$ -th diagnosis, and -1 otherwise.

For synaptic weights tuning we use conventional gradient procedure for criterion minimization (3)

$$w_{jl}(k+1) = w_{jl}(k) - \eta(k) \frac{\partial E_j(k)}{\partial w_{jl}}$$

(here  $\eta(k)$  is learning rate parameter), which in vector form can be rewritten in the form

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \eta(k) (d_j(k) - \text{sign } w_j^T(k) \varphi(x(k))) \cdot \varphi(x(k)), \quad j = 1, 2, \dots, m. \quad (4)$$

Introducing further general criterion for all system is outputs

$$E(k) = \sum_{j=1}^m E_j(k) = \sum_{j=1}^m e_j(k) u_j(k),$$

we can write learning algorithm of all system is synaptic weights in the form

$$W(k+1) = W(k) + \eta(k) (d(k) - \text{sign } W(k) \varphi(x(k))) \cdot \varphi^T(x(k)), \quad (5)$$

where  $\text{sign}(u_1(k), \dots, u_m(k))^T = (\text{sign } u_1(k), \dots, \text{sign } u_m(k))^T$ ,  $d(k) = (d_1(k), \dots, d_m(k))^T$ ,



$$W(k) = \begin{pmatrix} w_1^T(k) \\ w_2^T(k) \\ \vdots \\ w_m^T(k) \end{pmatrix} - (m \times h) \text{ is matrix of tuning synaptic weights.}$$

It is known that gradient algorithms (3)-(5) provide the convergence in enough wide range of variation of learning rate parameter  $\eta(k)$ , however at that convergence rate can be nonsufficient. Increasing of learning rate we can use quasi-Newton learning algorithms [5], for example,

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \left( \varphi(x(k))\varphi^T(x(k)) + \eta I \right)^{-1} e_j(k)\varphi(x(k)), \quad (6)$$

where  $\eta > 0$  is momentum term,  $I$  is  $(h \times h)$  - unity matrix.

Using lemma of matrix inversion we can show that

$$\left( \varphi(x(k))\varphi^T(x(k)) + \eta I \right)^{-1} \varphi(x(k)) = \frac{\varphi(x(k))}{\eta + \|\varphi(x(k))\|^2},$$

and rewrite (6) in compact form

$$w_j(k+1) = w_j(k) + \frac{e_j(k)\varphi(x(k))}{\eta + \|\varphi(x(k))\|^2}, \quad (7)$$

or

$$W(k+1) = W(k) + \frac{d(k) - \text{sign}W(k)\varphi(x(k))}{\eta + \|\varphi(x(k))\|^2} \varphi^T(x(k)). \quad (8)$$

The diagnostic neuro-fuzzy system and its adaptive learning algorithm are introduced for solving pattern recognition, classification, diagnostics tasks etc under condition when training set value is comparable with input patterns dimension, and these patterns are fed for processing in on-line mode. The feature of proposed systems is significant smaller number of tuning parameters in comparison with the artificial neural networks that solve the same task. The system is characterized by simplicity of computational implementation, high speed of learning process, possibility of processing information, which is described in different scales (interval, ordinal, binary).

### Bibliography

1. Friedman J., Hastie T., Tibshirani R. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference and Prediction, Berlin: Springer, 2003 - 552 p.
2. Wang L.X., Mendel J.M. Fuzzy basis functions, universal approximation, and orthogonal least squares learning // IEEE Trans. on Neural Network. – 1992. – 3. – P. 807-814.
3. Wang L.-X. Adaptive Fuzzy Systems and Control: Design and Stability Analysis. New Jersey: Prentice Hall, 1994. - 256 p.
4. Shynk J.J. Performance surfaces of a single-layer perceptron // IEEE Trans. on Neural Networks, 1990. – 1. - P. 268-274.
5. Shepherd A.J. Second-Order Methods for Neural Networks. London: Springer-Verlag, 1997. - 145 p.

**Synyavska O. O.**  
Uzhorod National University  
olja\_sunjavska@ua.fm

### SOME BAXTER ESTIMATOR IN MEASUREMENT ERROR MODEL

Assume that for fixed  $n \geq 1$  observed variables  $X(0), X\left(\frac{1}{a_n}\right), \dots, X(1)$  differs from the true values of the fractional Brownian motion  $\xi(t), t \in [0, 1]$  in the points  $\left\{\frac{k}{a_n} \mid 0 \leq k \leq a_n, n \geq 1\right\}$ , where  $(a_n) \subset \mathbb{N}, a_n \rightarrow \infty, n \rightarrow \infty$ , by as error in observations  $\{\varepsilon_{k,n} \mid 0 \leq k \leq a_n\}$  which are independent from  $\left\{\xi\left(\frac{k}{a_n}\right) \mid 0 \leq k \leq a_n\right\}$ , that is

$$X\left(\frac{k}{a_n}\right) = \xi\left(\frac{k}{a_n}\right) + \varepsilon_{k,n}. \quad (1)$$

Here assume that  $\varepsilon_{k,n}$  are i.i.d., Gaussian random variables such that  $\varepsilon_{k,n} \simeq N(0, \sigma_{n,\varepsilon}^2)$  with known  $\sigma_{n,\varepsilon}, 0 \leq k \leq a_n$ .

For the observation in a model (1) of the random process  $\left\{X\left(\frac{k}{a_n}\right) \mid 0 \leq k \leq a_n\right\}$  we obtain an estimate of the Hurst parameter  $\in (0, H^*]$ . Suppose that  $H^*$  is known and  $H^* < 1$ . Also, let assume that for any  $\alpha > 0$  the series  $\sum_{n=1}^{\infty} a_n^{-\alpha}$  is convergent.

Let denote

$$\begin{aligned} \Delta \xi_{k,n} &= \xi\left(\frac{k+1}{a_n}\right) - \xi\left(\frac{k}{a_n}\right), \Delta \varepsilon_{k,n} = \varepsilon_{k+1,n} - \varepsilon_{k,n}, \\ \Delta X_{k,n} &= X\left(\frac{k+1}{a_n}\right) - X\left(\frac{k}{a_n}\right), 0 \leq k \leq a_n - 1. \end{aligned}$$

Consider a sequence of Baxter sums:

$$\begin{aligned} \widehat{W}_n &= a_n^{2H-1} \sum_{k=1}^{a_n-1} (\Delta \xi_{k,n})^2, \\ S_n &= \sum_{k=1}^{a_n-1} (\Delta X_{k,n})^2 - 2a_n \sigma_{n,\varepsilon}^2, n \geq 1. \end{aligned}$$

**Theorem 1.** Let  $\xi(t), t \in [0, 1]$  be a fractional Brownian motion with unknown Hurst parameter  $H \in (0, H^*]$ , with  $H^* < 1$  known. Then  $\widehat{W}_n \rightarrow 1$  with probability one as  $n \rightarrow \infty$ .

**Theorem 2.** Let  $\xi(t), t \in [0, 1]$  be a fractional Brownian motion with unknown Hurst parameter  $H \in (0, H^*]$ , with  $H^* < 1$  known and the series  $\sum_{k=1}^{\infty} a_n^{4H^*-1} \sigma_{n,\varepsilon}^4 < +\infty$ . Then the estimate

$$\widehat{H}_n := \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\ln S_n}{\ln a_n}\right),$$

where  $S_n = \sum_{k=1}^{a_n-1} (\Delta X_{k,n})^2 - 2a_n \sigma_{n,\varepsilon}^2$ , is the strongly consistent estimate of the parameter Hurst  $H$ .

### Bibliography

1. Baxter G., 1956. A strong limit theorem for Gaussian processes, Proc. Amer. Math. Soc. 7, No 3, 522-527.
2. Breton J-C., Nourdin I., Peccati G., 2009. Exact confidence intervals for the Hurst parameter of a fractional Brownian motion, Electronic Journal of Statistics 3, 416-425.
3. Kurchenko O. O., 2003. One strong consistency estimate of the Hurst parameter of the fractional Brownian motion, Theory Probab. Math. Stat. 67, 97-106.

**Verstiak A.V.**

Chernivtsi National University

e-mail: a.verstyak@chnu.edu.ua

**PRICE FORECASTING IN ENVIRONMENTAL ECONOMICS**

Over the last years, economic growth has been actively implemented in developing countries. For these countries it is very important to provide the projects in economic systems that refer to the problems of the valuable estimation of eco-economic functions in environmental economics. These functions do not have physical forms, so they can not be taken into account in pricing forecast process. Such an aspect predetermines the necessity of the construction the methods of pricing including the ecological constituent. There is a huge amount of literature on economic development and environmental sustainability. The literature concerns problems of measuring and implementation of it in eco-economic and environmental policies. Thus there is now widespread interest in the use of Multi-Regional Input-Output Analysis for understanding global environmental problems [1, 2]. Previous international studies which have estimated final demand induced carbon emissions using IO tables include Cumberland (1966), Ayres and Kneese (1969), Bullard and Herendeen (1975), and Griffin (1976). A number of national statistical agencies and other official bodies in Europe including Carlsson, A. et al. (2006), Francis (2004), Rormose et al. (2009), Rormose (2010) and Federal Statistical Office of Germany (2011) and also Canada such as Gaston (2011) have produced data for consumption based emissions using IO model.

But complexity and diversity of the eco-economic systems and sustainable development require further investigation with the aim of construction new methods (or perfection the existing ones) of the solving socioeconomic tasks and saving natural-resources potential with comprehensive consideration of eco-economic factors in pricing. Therefore the aim of the work is forecasting of pricing in eco-economic systems with stochastic intersectoral links.

Since the main source of the pollution is the production that is pollution is the result of the economic activity so this result must be reflected in the models of industrial and economical systems, particularly in the stochastic input-output models. These models can more fully identify the features of the pricing activity and on the basis of it to forecast changes in price indices by changing certain elements of input-output balance. In recent years, progresses have been made to address some of these challenges: on the environmental data front, efforts have been made to compile environmental data beyond criteria pollutants for input-output applications. Multi-regional input-output analysis have been applied to better assess pollution embodied in international trades.

The information system of uniting of pricing tasks in the ecologically balanced economy is created that contains the kit of visual resources for empirical analysis of developed economic-mathematical models and its usage in experimental researches and monitoring tasks.

The constructed models can be used for the forecasting price indexes in multisectoral eco-economic system. The forecasts of the price indexes lets control the prices balances and in time to react on changes in any constituent of net output. From the point of view of the decision making person it allows to optimize the process of pricing and its dynamics in environmental economics.

The information system of uniting of pricing tasks in the ecologically balanced economy is created that contains the kit of visual resources for empirical analysis of developed economic-mathematical models and its usage in experimental researches and monitoring tasks.

**Bibliography**

1. Wiedmann, T. (2009) A Review of Recent Multi-Region Input–Output Models used for Consumption-Based Emissions and Resource Accounting. *Ecological Economics*, vol. 69, pp. 211–222.
2. Wiedmann, T., M. Lenzen, K. Turner, and J. Barrett (2007) Examining the Global Environmental Impact of Regional Consumption Activities – Part 2: Review of Input–Output Models for the Assessment of Environmental Impacts Embodied in Trade. *Ecological Economics*, vol. 61, pp. 15–26.

**Ziukov Serhii**

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

[s.ziukov@chnu.edu.ua](mailto:s.ziukov@chnu.edu.ua)**INVENTORY MANAGEMENT UNDER UNCERTAINTY**

A variety of inventory management tasks and their complexity have led to a large number of mathematical models, the effective use of which is impossible without the use of economic-mathematical methods. The inventory problem is the general problem of what quantities of goods to stock in anticipation of future demand. Inventory management models differ one another, depending on variables that they include. The most important factor that should be considered in developing models of inventory management is demand. Existing basic models of inventory control only approximately correspond to actual conditions, and do not take uncertainty adequately into account. Uncertainty is defined as the difference between the amount of information required to perform a task and the amount of information already possessed. Uncertainty is associated with customer demand, supply deliveries along the supply chain and external or market supply.

There are different techniques, which are using to deal with uncertainty in inventory management. One of them, often used in literature, is to assume that the uncertain parameter is random and that its probabilistic distribution is known with certainty. In such cases stochastic programming is used to incorporate uncertainty. Stochastic programming approaches include recourse techniques and chance-constrained methods. But it's very complex to know what the underlying distribution of the uncertain parameter is. A mathematical programming approach that frequently taken to bypass the question of unknown probability distributions is fuzzy programming. Fuzzy programming finds its roots in fuzzy theory, which originated in 1965 by Lotfi A. Zadeh in his seminal work "Fuzzy sets". The apparatus of fuzzy set theory, has demonstrated a number of promising opportunities for application - from aircraft control systems to forecasting election results, however, was too difficult to implement. Further works of professor Zadeh and his followers laid to foundation of a new theory and created the preconditions for the implementation of fuzzy control methods. Ever since the use of fuzzy set theory to model uncertainty was discovered, a lot of research in fuzzy inventory modeling has been done. Roy and Maiti presented a modified fuzzy EOQ model with demand-dependent unit cost under limited storage capacity. Handfield at [1] developed a (Q,r) inventory model in which optional order quantity Q and reorder point r are determined. They use fuzzy sets to represent various sources of uncertainty in the supply chain, which include demand, supplier yield, lead time and penalty cost. In some instances, it may be possible to have both fuzzy and random variables in mathematical model: such models are often referred to mixed models. A particular model can be regarded as a mixed model if its expresses both randomness and fuzziness at the same time. An example of a mixed inventory model is a model of Ishii and Konno [2], who adapt the classic "newsboy problem" by introducing a fuzzy shortage cost into formulation. Another example is presented by Ouyang and Yao [3], whose mixed inventory model with random lead time and fuzzy annual demand attempts to minimize the total fuzzy expected annual inventory cost.

The existing of such models shows the ability of fuzzy set theory to be a good solution for inventory models under uncertainty.

**Bibliography**

1. Handfield, R., Warsing D., and Wu, X. (Q,r) inventory policies in a fuzzy uncertain supply chain environment // *European Journal of Operational Research*, 197(2), 2009. P. 609-619.
2. Ishii, H. and Konno, T. A stochastic inventory problem with fuzzy shortage cost // *European Journal of Operational Research*, 106(1), 1998. P. 90-94.
3. Ouyang, L-Y. And Yao, J.-S. A minmax distribution fee procedure for mixed inventory model involving lead time with fuzzy demand // *Computers and Operations Research*, 29(5), 2002. P. 471-487.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКИХ ОБЧИСЛЕНЬ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ З СУМАТОРАМИ НА ОСНОВІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Сучасні задачі розвитку теорії новітніх методів цифрового опрацювання даних та побудови спецпроцесорів можуть бути перспективними з використанням не тільки класичного теоретико-числового базису (ТЧБ) Радемахера, а й базисів Хаара, Крестенсона, Уолша, Галуа та їх можливих комбінацій. Тому ефективний розвиток теоретичних засад кодування та опрацювання інформаційних даних з використанням рекурентних властивостей ТЧБ Галуа дозволяє виконувати обчислення над біт-орієнтованими кодами і визначає високі потенційні можливості вертикального опрацювання інформаційних потоків і побудови високопродуктивних компонентів кореляційних спецпроцесорів вертикально-інформаційної технології (ВІТ).

Удосконалена структура кореляційного спецпроцесора обчислення коваріаційної функції 
$$K_{xx}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cdot x_{i-j}, \quad j = 0, 1, 2, \dots, n$$
 характеризується глибоким розпаралеленням обчислюваних операцій та практичним вилученням зі складу процесора базового модуля цифрового перемножувача представлена на рис. 1 [1].

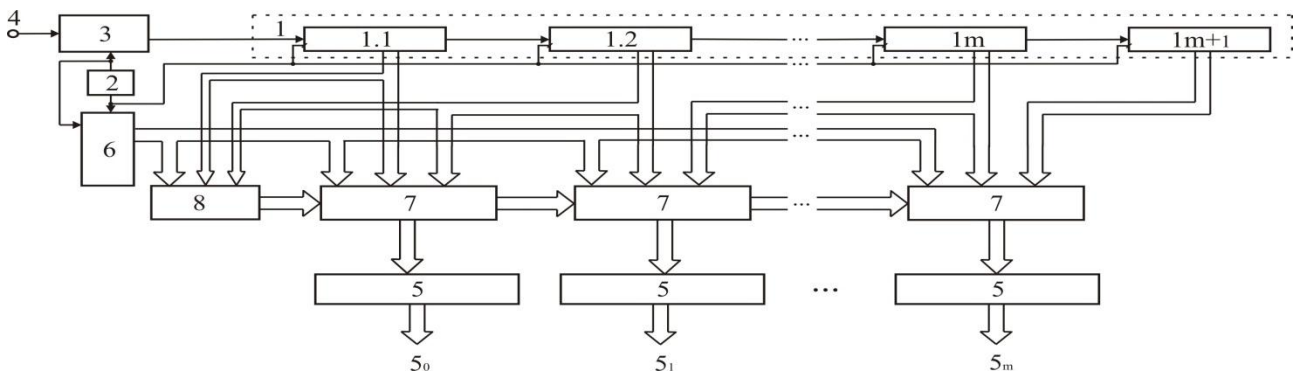


Рис. 1 – Структурна схема багатоканального цифрового корелятора обчислення коваріаційної функції у ТЧБ Радемахера: вхідна шина даних (4), АЦП – аналого-цифровий перетворювач (3), ГІ – генератор імпульсів (2), БРЗ – багато розрядний регістр зсуву (1), КР – комутаційний регістр зсуву (6), блоки логічних елементів (7)  $\Sigma$  - накоплюючих суматор (5).

Виконання обчислень коваріаційної функції вдосконалим багатоканальним цифровим корелятором підвищується його швидкодія по відношенню до класичних кореляторів, оскільки операції множення виконуються синхронно за  $k$  тактів, на відміну від аналогів у яких  $2^k$  тактів, що дозволило із складу структури корелятора вилучити пристрій перемноження.

Водночас структура багаторозрядного накоплюючого суматора, що виконують функції цифрового інтегрування парних добутків  $x_i \cdot x_{i-j}$ , які формуються на виході цифрових перемножувачів містить велику кількість переносів у старші розряди, що знижує швидкість виконання операцій. Тому розробка компонентів спецпроцесора за допомогою ВІТ на основі ТЧБ Галуа дозволяє мінімізувати алгоритмічну складність і підвищити швидкодію обробки даних.

Результати досліджень [2] підтвердили ефективність теоретико-числових перетворень із застосуванням теорії полів Галуа, які дозволяють реалізувати швидкі прямі алгоритми обчислень, що зумовлені простотою апаратної реалізації на базі процедур зсуву. Коди поля Галуа володіють одними з кращих характеристик кодової дистанції і кореляційних функцій. Всі  $2^n - 1$   $n$ -розрядні ненульові кодові комбінації послідовності Галуа є результатом циклічного зсуву вихідного ненульового кодового фрагменту і мають однакову вагу. Коди поля Галуа

формується на основі ключів незвідних поліномів. Наприклад, у полі Галуа  $GF\left(\begin{smallmatrix} 5 \\ 2 \end{smallmatrix}\right)$  з ключем 10010 на основі незвідного полінома  $x^5 + x^2$  формується послідовність елементів 11111001101001000001010111011000, які кодують числа у діапазоні 0, 1, 2, ..., 14, ..., 31. . Послідовність формується на основі рекурентного рівняння:

$$G_{i+1} = G_i \oplus \overline{G_{i-n}}; n=5, \quad (1)$$

Кожний елемент цієї рекурентної послідовності описується у вигляді логічних виразів:

$$b_5, b_4, b_3, b_2, b_1, b_2 \oplus b_5, b_1 \oplus b_4, b_2 \oplus b_3 \oplus b_5, \dots, b_1 \oplus b_3 \oplus b_4, b_3 \oplus b_5, b_2 \oplus b_4, b_1 \oplus b_3$$

Здійснення арифметичних операцій в полі Галуа характеризується різною формою подання двох операндів. Перший операнд подається у вигляді коду ( $d_i$ ), а другий – у вигляді логічних рівнянь ( $b_i$ ), які визначають операції над значенням коду першого операнда [4]. Операція додавання у суматорах Галуа виконується за один такт, за рахунок відсутності між розрядних переходів.

Швидкодія суматорів в базисі Радемахера і Галуа (рис. 2 а)) розраховується за формулами:

$$V_{\Sigma R} = \frac{1}{3kT_{ле}}, \quad V_{\Sigma G} = \frac{1}{5T_{ле} + kQ_{ле}}. \quad (2)$$

Звідки відносна оцінка швидкодії суматора в базисі Галуа, в порівнянні з реалізацією суматора в базисі Радемахера (рис.2 б)), розраховується згідно виразу:

$$V = \frac{3kT_{ле}}{5T_{ле} + kQ_{ле}}. \quad (3)$$

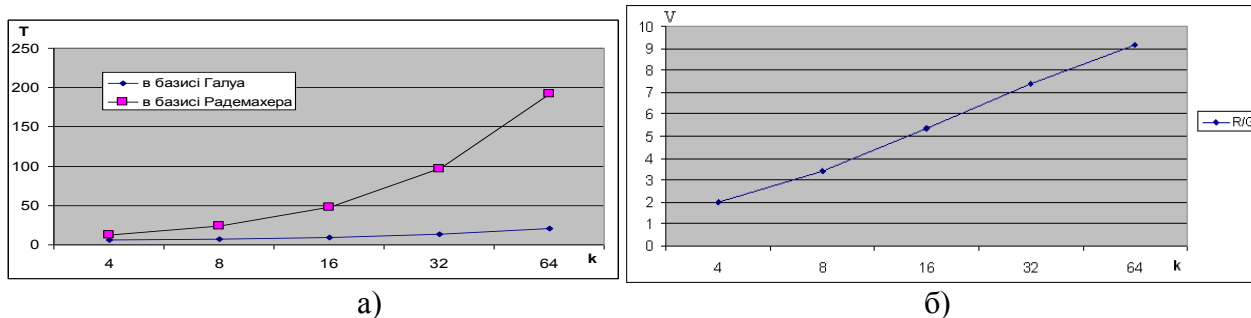


Рис. 2 - Характеристики часу затримки паралельних суматорів в базисах Радемахера та Галуа: (а) та відносна оцінка швидкодії суматора Галуа (б) в залежності від розрядності процесора.

Розроблені структурні схеми суматорів Галуа на основі ВІТ по відношенню до аналогічних компонентів у базисі Радемахера забезпечують вищу швидкодію арифметико-логічного модуля у 5-9 разів при розрядності процесорів 16-64 такти.

**Висновки.** Суматори Галуа, за рахунок використання апаратно-простих логічних елементів, характеризуються низькою апаратною складністю та регулярністю структури і забезпечують вищу швидкодію по відношенню до аналогічних суматорів на основі двійкової системи числення. Використання суматорів на основі ВІТ технології у ТЧБ Галуа створює, як перспективи розвитку високошвидкісних обчислень на основі кореляційних спецпроцесорів так і спецпроцесорів на основі мультибазисних архітектур спецпроцесорів.

#### Література

1. Патент на корисну модель №73320 Україна, МПК G06F 17/15. Багатоканальний цифровий корелятор. / Я.М.Николайчук, І.Б.Албанський. – Опубл. 25.09.2012, Бюл. №18.
2. Николайчук Я.М. Теоретичні засади та принципи побудови арифметико-логічного пристрою на основі вертикально-інформаційної технології /Я.М. Николайчук, О.М. Заставний, П.В. Гуменний// Вісник Хмельницького національного технічного університету. – 2012. – №2. – С.190-197.

**Андрашко Ю. В., Кузка О. І.**  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
andrashkojv@gmail.com

### ЗВЕДЕННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО БУЛЕВОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДО ПОСЛІДОВНОСТІ ОДНОКРИТЕРІАЛЬНИХ ЗАДАЧ

Розглядається двокритеріальна задача булевого програмування:

$$f_1(x) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$f_2(x) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$g_i(x) \leq 0; i = \overline{1, m}, \quad (3)$$

$$x_i \in \{0, 1\}^n. \quad (4)$$

Оптимізація здійснюється за Парето.

Нехай, цільові функції обмежені на множині допустимих значень, а обмеження (3) можна записати таким чином:

$$g_i(x^1) \leq 0; i = \overline{1, m_1}, \quad (5)$$

$$g_i(x^2) \leq 0; i = \overline{m_1 + 1, m_2}, \quad (6)$$

$$g_i(x) \leq 0; i = \overline{m_2 + 1, m}, \quad (7)$$

де  $1 \leq m_1 < m_2 \leq m$ . Вектори  $x^1$  та  $x^2$  є декомпозицією вектора  $x$ , тобто  $x = x^1 \vee x^2$ , а множину індексів  $J = \{1, \dots, n\}$  можна розбити на дві підмножини  $J^1$  та  $J^2$  такі, що  $J^1 \cup J^2 = J$ ,  $J^1 \cap J^2 = \emptyset$ , а також  $x_l^1 = 0$ , для  $\forall l \notin J^1$  і  $x_l^2 = 0$ , для  $\forall l \notin J^2$ . І виконуються умови  $g_i(x^2) = 0; i = \overline{1, m_1}, \forall x^2$  та  $g_i(x^1) = 0, i = \overline{m_1 + 1, m_2}, \forall x^1$ .

Знаходження множини Парето такої задачі можна здійснити шляхом її зведення до послідовності однокритеріальних задач булевого програмування меншої розмірності, ніж вихідна задача.

До розглянутого класу задач, зокрема, належать конкурентні задачі розміщення [1,3] з повним розподілом ринку. Для них розроблено і реалізовано алгоритм розв'язання [2].

В конкурентних задачах розподілу, та в багатьох інших практичних задачах обмеження (5), (6) набувають виду:

$$\sum_{l \in J^1} x_l^1 = n^1; \sum_{l \in J^2} x_l^2 = n^2. \quad (8)$$

Такий вигляд обмежень суттєво спрощує розв'язання отриманої послідовності однокритеріальних задач булевого програмування. Наприклад, при застосуванні наближених методів локального пошуку, достатньо розглядати тільки Swar окіл точки, тобто точки, відстань Хемінга до яких рівна 2.

Запропонований підхід можна узагальнити і для задач із більшою кількістю критеріїв.

#### Література

1. *Андрашко Ю.В., Кузка О.І.* Про деякі конкурентні задачі розміщення // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія матем. і інформ./ Редкол.: В.В. Маринець та. інші. - Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2013. – Вип. 24, №1. – С. 5-11.
2. *Андрашко Ю.В.* Зведення конкурентної задачі розміщення до послідовності однокритеріальних задач булевого програмування // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія матем. і інформ./ Редкол.: Ф.Г. Ващук, В.В. Маринець та. інші. - Ужгород: Видавництво УжНУ "Говерла", 2013. – Вип. 24, №2. – С. 5-12.
3. *Кочетов Ю.А.* Методы локального поиска для дискретных задач размещения. – Новосибирск: НГТУ, 2009. – 267 с.

**Арсирый Е.А., Антощук С.Г.**

Одесский национальный политехнический университет

[arsiriy@te.net.ua](mailto:arsiriy@te.net.ua),

65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, моб. тел. +38-067-55-98-98-3

## **СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОАЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДЕЙСТВУЮЩЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ**

Актуальность повышения энергоэффективности оборудования не вызывает сомнений, особенно сегодня, когда проблема энергетической независимости Украины вышла на первый план. В то же время согласно официальной статистике показатель энергоэффективности валового внутреннего продукта Украины практически в 3 раза ниже среднемирового уровня, а ограничение по вырабатываемой мощности на ЭП составляет от 15 до 30% при росте затрат на собственные нужды с 6 до 10%. Такие негативные тенденции объясняются тем, что около 80% действующего энергетического оборудования (ДЭО) физически и морально устарело и требует совершенствования, и эффективность гидроаэродинамических процессов подъема, сжатия, расширения и транспортировки жидкостей и газов в нем не соответствует современным требованиям. Принятие решений о повышении эффективности гидроаэродинамических процессов (ГП) в ДЭО должно базироваться на анализе большого количества и разного типа информации о проектных и эксплуатационных характеристиках оборудования различных уровней иерархии и невозможно без современных информационных технологий поддержки принятия таких решений. Установлено противоречие между требованиями к повышению эффективности гидроаэродинамических процессов в ДЭО и ограниченностью функций организационного и производственного управления этими процессами, что вызвано:

1. разнородностью, дезинтеграцией и неактуальностью первичной информации о состоянии оборудования и процессов;
2. недостаточностью средств для получения необходимой информации;
3. отсутствием формализованных методик анализа первичной информации для поддержки принятия решений по совершенствованию ДЭО.

Решение установленного противоречия возможно за счет создания распределенной проблемно-ориентированной системы поддержки принятия решений по системе поддержки принятия решений по повышению эффективности ГП в ДЭО на основе разработки новых и совершенствование существующих моделей, методов и информационных технологий оценки этих процессов и анализа их состояния при мониторинге и моделировании.

Разработаны информационные, структурные и параметрические модели сложных и простых объектов действующего энергетического оборудования и методы оценки состояния гидроаэродинамических процессов в них при проведении комплексного мониторинга и моделирования. Создана информационная технология комплексной аналитико-визуальной обработки данных физического моделирования гидроаэродинамических процессов во вспомогательных элементах, что позволило предложить метод синтеза высокоэффективных прототипов этих элементов.

Внедрение разработанной системы поддержки принятия решений позволило автоматизировать функции производственного и организационного управления повышением эффективности гидроаэродинамических процессов при реконструкции или реновации действующего энергетического оборудования. Например, синтезированы улучшенные физические прототипы вспомогательных элементов ДЭО тракта окислителя со сниженными значениями аэродинамических сопротивлений до 14%, что позволило снизить затраты мощности при работе его основного элемента – дутьевого вентилятора ВДН-25/2 на 0,14 МВт (9%).



**Бабенко Ю.В.<sup>1</sup>, Кирия Р.В.<sup>2</sup>, Михалёв А.И.<sup>1</sup>.**

1. Национальная металлургическая академия Украины  
пр. Гагарина, 4, г.Днепропетровск, 49600, Украина

2. Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины  
ул.Симферопольская 2а, г.Днепропетровск, 49005, Украина  
e-mail: JULIA9389@UKR.NET

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛИРУЮЩИХ БУНКЕРОВ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА

Системы конвейерного транспорта угольных шахт имеют сложную разветвленную структуру, состоящую из конвейеров и бункеров, связанных между собой с помощью питателей, перегружателей и перегрузочных узлов. Отказы конвейеров часто приводят к простоям лав и, как следствие, к снижению производительности системы конвейерного транспорта. Одним из путей повышения эффективности пропускной способности и снижения энергозатрат на транспортирование угля является применение аккумуляющих бункеров. Однако эффективность их применения связана с их плохой управляемостью в процессе их предельной загрузки.

Предлагаются модели функционирования систем подземного транспорта древовидной структуры с бункерами. В основу математической модели положен метод эквивалентной схемы, в которой элементарная система «конвейер – бункер – конвейер» заменяется элементом (конвейером) с эквивалентными параметрами потоков отказов и восстановлений.

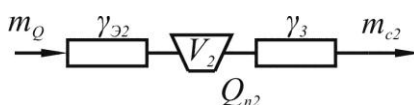


Рис. 1. Эквивалентная схема «бункер – конвейер – бункер»

В результате проведенных исследований для различных производительностей питателей бункеров и поступающих из лав грузопотоков получены рекуррентные модельные зависимости, определяющие пропускную способность систем подземного конвейерного транспорта: последовательной, параллельной, веерной и самоподобной древовидной.

Предложенные математические модели функционирования системы подземного конвейерного транспорта с бункерами позволили поставить задачу оптимального управления. Данная задача представляет собой векторную оптимизацию, в которой управляемыми параметрами являются уровень груза в аккумуляющих бункерах и скорости питателей. В качестве обобщенного критерия оптимизации выбран векторный критерий энергоемкости транспортирования угля ( $\min$ ) и пропускной способности системы конвейерного транспорта ( $\max$ ):

$$K = c_1 m_c - c_2 w_c,$$

где  $m_c$  – средняя пропускная способность (средняя производительность) системы конвейерного транспорта;  $w_c$  – средняя энергоемкость (средняя электроэнергия), потребляемая системой конвейерного транспорта на транспортирование горной массы;  $c_1, c_2$  – себестоимости угля и электроэнергии соответственно.

### Литература

1. Кирия Р.В. Определение критерия эффективности функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт / Р.В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системные технологии. Рег. межвуз. сб. научн. работ. – Выпуск 3 (90). – Днепропетровск, 2014. – С. 152-161.
2. Кирия Р.В. Математические модели функционирования систем конвейерного транспорта угольных шахт /. Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. №16 (2013). Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014 с. 85-96.

**Бабилунга О.Ю., Антошук С.Г., Крылов В.Н.**  
 Одесский национальный политехнический университет  
 65044, м. Одеса, пр. Шевченка, 1, *babilunga@mail.ru*

## ОЦЕНКА ДОСТИЖЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ НА ОСНОВЕ КВАЗИГРАДИЕНТНОГО ИТЕРАТИВНОГО МЕТОДА В ПРОСТРАНСТВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Задача прогнозирования достижения граничных состояний призвана ответить на вопрос останется ли объект с течением времени в заданных границах или выйдет за их рамки. Такая задача возникает при разработке систем автоматического контроля функционирования любых сложных объектов: систем медицинской и технической диагностики, систем трекинга объектов при видеонаблюдении и др. [1]. Существует ряд методов решения этой задачи, которым присущи те или иные недостатки.

В данном докладе предложено для оценки граничных состояний использовать квазиградиентный метод поиска экстремума функции в пространстве вейвлет-преобразования [2], который для одномерного случая имеет вид:

$$x_{k+1} = x_k - \eta Wf(x_k),$$

где  $\eta$  – коэффициент, который позволяет регулировать скорость сходимости итерационного процесса и обеспечивает его устойчивость:  $\eta = \frac{\Delta x}{\|Wf(x_k)\|}$ ,  $\Delta x$  – величина шага итерации,

$\|Wf(x_k)\|$  – норма оператора несимметричной вейвлет-функции  $Wf(x_k)$ .

Исследования показали, что применение итеративных методов поиска экстремума функции имеет особенность – колебательный характер итерационного процесса при достижении экстремума. Результат моделирования процесса поиска экстремума приведен на рис. 1.

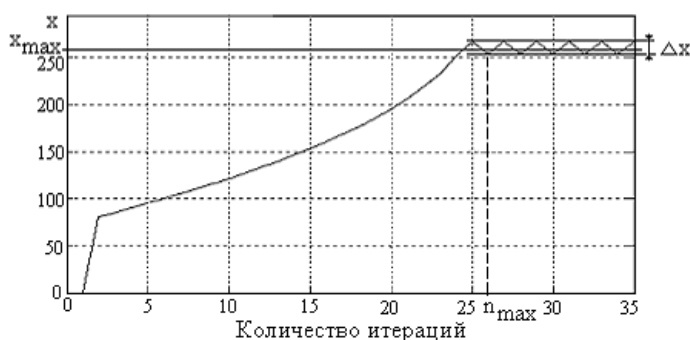


Рис. 1.

В разработанных, на основе квазиградиентного метода поиска экстремума функции алгоритмах, координата точки экстремума находится в интервале:  $x_{\max} = [\underline{x}, \bar{x}]$ , который находится внутри граничных состояний колебательного процесса. Величина интервала или точность оценки  $x_{\max}$  определяется масштабом несимметричной вейвлет-функции  $Wf(x_k)$ .

Применение этого метода с использованием гиперболического вейвлет-преобразования при поиске координат точек контуров объектов позволило устранить проблему выбора порогового значения в условиях помех и повысить быстродействие и помехоустойчивость контурной обработки изображений.

### Литература

1. Каширина И.Л. Математическое моделирование оценок риска достижения допусковых границ в процессе испытаний технических систем/ И.Л. Каширина, Я.Е. Львович // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – №10 (часть 15). – С. 3347-3351.
2. Обоснование метода поиска экстремума при наличии помех с использованием гиперболического вейвлет-преобразования / [С.Г. Антошук, Ю.А. Клих, А.А. Николенко, О.Ю. Бабилунга] // *Зб. наук. пр. Одеськ. ор. Леніна ін-ту Сухопутн. військ.* – 2007. – Вип. 13(ч.1). – С. 5-11.

**Бабич М. Д.**

Український державний університет фінансів та міжнародної торгівлі  
e-mail myhailo.babych@gmail.com

### **ОПТИМІЗАЦІЯ ОБЧИСЛЕНЬ В ЗАДАЧАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Задачі оптимізації математичних виразів, що практично, можуть характеризувати різні природничі явища і технологічні процеси, тобто бути їх математичними моделями, за наявності додаткових умов є типовими задачами прийняття рішень.

Сучасний науково-технічний прогрес спричиняє і стимулює створення і подальше удосконалення все нових високоефективних технічних систем і технологічних процесів. Цей процес включає разом з використанням нових принципів створення сучасних нових матеріалів і технологій, нових фізичних ефектів і рішень, що визначають загальну структуру і якісні характеристики створюваного об'єкту, вибір найкращої сполуки значень параметрів цього об'єкту, таких як: геометричні розміри, електричні характеристики та інші, оскільки зміна параметрів (за фіксованої загальної структури та компоновки) може впливати на показники якості і ефективності за вибраними критеріями.

Крім того, при практичній реалізації автоматизованого проектування з використанням ЕОМ, дослідження різних варіантів здійснюється, як правило, не на самому об'єкті, а шляхом аналізу і дослідженням його математичної моделі за різних наборів і значень параметрів. Ускладнення математичних моделей визиває і супроводжує ускладнення створюваних об'єктів, а також розроблюваних технологічних процесів. Все це призводить до суттєвого та різкого збільшення затрат щодо оцінок їх характеристик і можливостей на основі аналізу моделі. Головним, а часто і єдиним надійним інструментом такої оцінки є обчислювальний експеримент. Очевидно, що різке підвищення складності досліджуваного об'єкту викликає необхідність цілеспрямованого вибору варіантів у процесі пошуку оптимального, найбільш ефективного за заданим критерієм рішення (розв'язку). Суть цілеспрямованого вибору в одному із випадків (варіантів) полягає в тому, щоб на основі аналізу деякої малої частини варіантів виключити із подальшого розгляду не перспективні випадки і сконцентрувати подальший пошук у множині, що відображає явно кращий варіант. Цей пошук може бути як локальним, що припускає певну монотонність характеристик ефективності, яка у математичній постановці може фіксуватися вимогами лінійності, квадратичності, опуклості і так далі, так і глобальним, що забезпечує цілеспрямованість за рахунок обмеженості зміни характеристик об'єкта при обмежених змінах його певних параметрів. У математичному плані цей факт може характеризуватись деякими умовами математичного характеру (умовою Ліпшиця). і т д.

У загальному плані задачі оптимізації, які породжує сучасна дійсність у науці і техніці, є нелінійними, і такими, що можуть мати не єдиний розв'язок у заданій області. Глобальне розв'язування таких нелінійних задач уже несе в собі елемент оптимізації, оскільки із знайдених наближених розв'язків можна завжди вибрати найкращий за заданим критерієм. Слід сказати, що єдиного, універсального методу глобальної оптимізації нелінійних задач поки немає. Одним із найбільш застосованих практичних методів наближеного пошуку глобального оптимуму нелінійної задачі є зведення її до еквівалентної задачі наближеного розв'язування відповідної їй системи нелінійних алгебраїчних рівнянь. Глобальне розв'язування такої системи може бути реалізоване при застосуванні  $\varepsilon$ -алгоритму [1], суть якого полягає у наступному: потрібно знайти всі наближені розв'язки нелінійного операторного рівняння  $\bar{u} = F(\bar{u})$ , де  $F(\bar{u})$  - неперервний нелінійний оператор, що відображає  $n$ - вимірний куб  $R_n$  дійсного евклідового простору  $E_n$  у себе, тобто  $F(\bar{R}_n) \subset \bar{R}_n$ . Дане рівняння може представляти систему нелінійних алгебраїчних рівнянь, усі розв'язки якого належать  $\bar{R}_n$ . Покриваючи куб  $\bar{R}_n$  послідовністю  $\varepsilon_k$  сіток побудуємо послідовності елементів цих сіток, які будуть збігатися до різних розв'язків даного рівняння, відокремлюючи і уточнюючи їх.

#### **Література**

1. Бабич М.Д., Шевчук Л.Б. Об одном алгоритме приближенного решения систем нелинейных уравнений//Кибернетика.-1982.-№2.-С.74-79.

**Бабичев С.А., Стрелковская Л. А.**  
Херсонский национальный технический университет  
Херсонская государственная морская академия  
Г.Херсон, ул. Залагерсег, 39, [bsa63@mail.ru](mailto:bsa63@mail.ru)

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ НА ОСНОВЕ ОБОБЩЕННОГО АЛГОРИТМА ХЕББА

При разработке автоматизированных систем кластеризации и классификации сложных объектов возникает необходимость в сокращении размерности признакового пространства исследуемых объектов, что в большинстве случаев сопровождается потерей части полезной информации. Для решения поставленной задачи наибольшее распространение в настоящее время получил метод главных компонент [1-3], позволяющий существенно уменьшить размерность входных данных при максимальном сохранении исходной информации, содержащейся в них. Использование нейросетевых технологий способствует автоматизации процесса извлечения главных компонент, что при правильной настройке системы уменьшает время на обработку информации, сохраняя её полезную компоненту.

Вопросы анализа признакового пространства на основе самоорганизации рассмотрены в [4]. Под выделением признаков будем понимать процесс преобразования пространства данных, характеризующих исследуемый объект, в пространство признаков меньшей размерности. При решении данной задачи исходные данные представляются в виде матрицы, строками в которой являются исследуемые объекты, а столбцами – признаки, характеризующие соответствующий объект:

$$X = \{x_{ij}\}, \quad i = 1, \dots, n, \quad j = 1, \dots, m \quad (1)$$

где  $n$  – количество объектов,  $m$  – количество признаков  $i$ -го объекта.

Выбор признакового пространства осуществляется в результате сужающего отображения:

$$\{X^m\} \xrightarrow{F} \{X^k\}, \quad k < m, \quad (2)$$

при котором достигается экстремум некоторого критерия качества  $J_X(F)$ .  $F$  в (2) представляет собой функционал преобразования множества  $\{X^m\}$  в множество  $\{X^k\}$ ,  $k$  – размерность нового признакового пространства.

Для решения поставленной задачи используем однослойную нейронную сеть прямого распространения, состоящей из одного слоя нейронов, количество которых равно количеству извлекаемых главных компонент и слоя рецепторов, каждый из которых соединён со всеми нейронами сети. Количество рецепторов равно количеству входов, т.е. размерности признакового пространства исследуемых объектов. Все нейроны выходного слоя сети являются линейными. В основе работы сети лежит принцип конкурентного самообучения. Работа сети начинается с инициализации синаптических весов сети:

$$w_j(k) = (w_{j1}(k), w_{j2}(k), \dots, w_{jm}(k)), \quad (3)$$

где  $j=1, \dots, k$  – количество выходов сети. Выходной сигнал нейрона  $j$  при поступлении на вход вектора признаков  $n$ -го объекта определяется по следующей формуле:

$$y_j(n) = \sum_{i=1}^m w_{ji}(n) x_i(n), \quad (4)$$

В процессе работы сети происходит подстройка синаптических весов  $w_{ji}$ , соединяющих рецепторы с вычислительными узлами выходного слоя в соответствии с обобщенной формулой правила обучения Хебба [5]:

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta \left[ y_j(n) x_i(n) - y_j(n) \sum_{h=1}^j w_{hi}(n) y_h(n) \right], \quad (5)$$

где  $i = 1, \dots, m$ ;  $j = 1, \dots, k$ ,  $\eta$  - параметр скорости обучения сети или шаг итераций. На этапе конкуренции, когда на вход подаётся один вектор, на выходе активизируется только один нейрон, называемый «нейроном-победителем».

Введем в (5) следующую замену:

$$x'_i(n) = x_i(n) - \sum_{h=1}^{j-1} w_{hi}(n)y_h(n), \quad (6)$$

Тогда:

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta y_i(n) [x'_i(n) - w_{ji}(n)y_i(n)], \quad (7)$$

Учитывая, что

$$x''_i(n) = x'_i(n) - \sum_{h=1}^{j-1} w_{hi}(n)y_h(n), \quad (8)$$

получаем:

$$\Delta w_{ji}(n) = \eta y_i(n) x''_i(n). \quad (9)$$

Тогда:

$$w_{ji}(n+1) = w_{ji}(n) + \Delta w_{ji}(n) \quad \text{и} \quad w_{ji}(n) = z^{-1} w_{ji}(n+1), \quad (10)$$

где  $z^{-1}$  - оператор единичной задержки.

Граф, иллюстрирующий работу алгоритма Хебба, представлен на рис. 1.

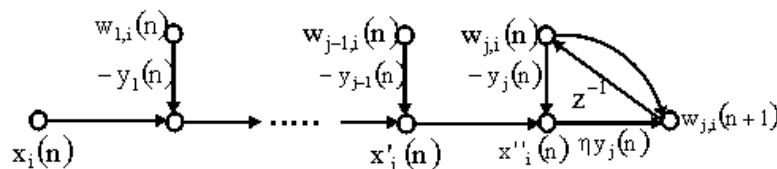


Рис. 1. Представление алгоритма Хебба в виде графа расчета весов связей сети

Работа алгоритма реализуется в виде последовательности следующих шагов:

- для  $n = 1$  инициация синаптических весов случайными малыми значениями;
- задание параметра скорости обучения сети;
- вычисление значения выхода нейронов и изменений весов синапсов сети в соответствии с (4) и (5);
- увеличение  $n$  на единицу и переход к шагу 2.

Сходимость алгоритма достигается на  $n$ -ом шаге, когда синаптические веса достигают установившихся значений. В качестве критерия сходимости используется дисперсия матрицы корреляции входного вектора. Применение представленной технологии позволяет при правильном выборе параметров системы существенно сократить время на обработку информации без потери точности получения результата.

### Литература

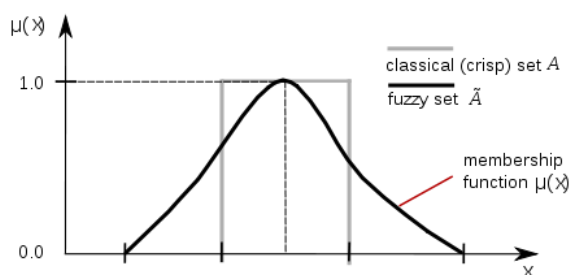
1. Huan Liu, Hiroshi Motoda. Computational Methods of Feature Selection // Chapman & Hall/CRC Data Mining and Knowledge Discovery Series. – New York, 2007. - 419 p.
2. Gorban A. N., Kegl B., Wunsch D., Zinovyev A. Y. Principal Manifolds for Data Visualization and Dimension Reduction / Series: Lecture Notes in Computational Science and Engineering. - Berlin - Heidelberg - New York. – 2008, V. 580. - 340 p.
3. Roth V, Lange T. Feature selection in clustering problems. Advances in neural information processing systems / Massachusetts Institute of Technology. - 2004. - P 473-481.
4. Хайкин С. Нейронные сети / Москва - Санкт-Петербург - Киев. – 2006. – С. 509-621.
5. Sanger T. D. Optimal unsupervised learning in a single-layer linear feedforwards neural network // Neural Networks. – 1989, № 12. – P. 459-473.

Бедратюк Л.Л.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
gnxahead@gmail.com

## НЕЧІТКА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ СПОЖИВЧИХ БЛАГ

Проблема розподілу споживчих благ на основі сучасних принципів соціальної справедливості є однією із найголовніших проблем для кожного суспільства. Математична модель такого розподілу зводиться до вибору функції розподілу добробуту і до визначення принципів її максимізації шляхом перерозподілу благ між членами суспільства. Зокрема, це означає, що ми повинні бути спроможні порівняти будь-які два розподіли доходів між членами суспільства і сказати, який з них відповідає більш високому рівню суспільного добробуту. Іншими словами, природно постає необхідність вибору функції соціального добробуту і на її основі ввести такі індекси нерівності та бідності, які би задовольняли деяким конкретним математичним властивостям і узгоджувалися би із уявленнями суспільства про принципи соціальної справедливості (морально-етичні постулати). На початку ХХ ст. аналізом розподілу доходів займалися А.Пігу, автор концепції економіки добробуту, та Х. Дальтон, які розробили основні принципи розподілу суспільних благ, запропонували використовувати для оцінки розподілу суспільних благ спеціальні індекси та сформулювали властивості розподілу в термінах цих індексів<sup>[1]</sup>. Зокрема, вони повинні задовольняти принципу оптимальності розподілу за Паретто - індивідуальний добробут жодного учасника коаліційних рішень не повинен зменшуватись при перерозподілі<sup>[3]</sup>. За показник нерівності в доходах населення була обрана крива Лоренса, а за кількісні індекси нерівності вибрані індекс Джині та індекс Робін Гуда.



У даній роботі використано поняття теорії нечітких множин для створення та дослідження нечітких функцій розподілу благ та відповідних їм нечітких індексів соціальної нерівності. Під нечіткою множиною  $A$  розуміється сукупність впорядкованих пар, що складаються з елементів  $x$  універсальної множини  $X$  і відповідного значення функції належності  $\mu_A(x)$ <sup>[2]</sup>.

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\},$$

$\mu_A$  - функція належності, що вказує в якій степені елемент  $x$  належить множині  $A$ . Нечітким числом  $a$  будемо називати деяку підмножину числової осі  $R$  множини дійсних чисел, з функцією належності  $\mu_a: R \rightarrow [0,1]$ <sup>[3]</sup>. Результатом узагальненої операції  $*$  над нечіткими числами  $a$  та  $b$  буде нечітке число  $c = \{(x * y, \mu_c(x * y)) | x \in a, y \in b\}$  з функцією належності

$$\mu_c(z) = \sup_{z=x*y} \min\{\mu_a(x), \mu_b(y)\}$$

Представимо доходи груп населення як нечіткі числа з відповідними функціями належності, що найкраще описують властивості доходів цих груп, та отримаємо нечітку криву Лоренса. Тоді, можна ввести поняття індексу Джині як нечіткого числа що, на прикладі двадцятивідсоткових груп населення буде обчислюватись за формулою

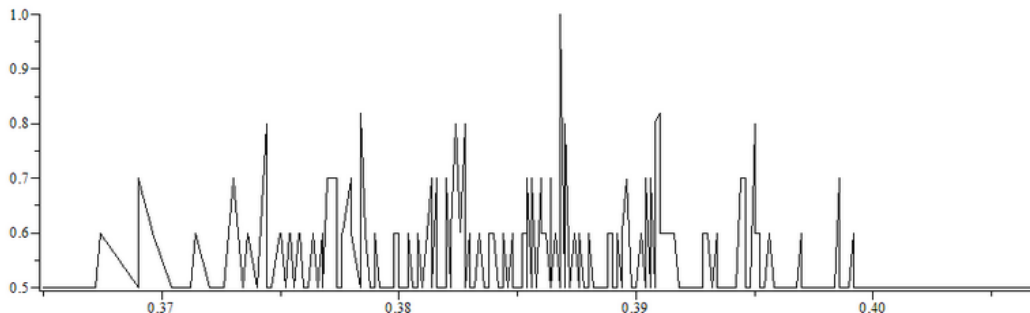
$$L = 1 - 0.2(9a_1 + 7a_2 + 5a_3 + 3a_4 + a_5),$$

де  $a_i$  нечітке число, що описує дохід  $i$ -ї групи населення. Графічно, групи населення ділять площу під кривою Лоренса на криволінійні трапеції.

Оскільки такі обчислення вимагають великої кількості операцій навіть при використанні

дискретної функції належності, була розроблена програма, що дозволяє обчислити нечіткий індекс Джині та дати графічну інтерпретацію відповідної функції належності.

В термінах нечітких множин нами розроблена нечітка модель розподілу суспільних благ, в рамках якої введені поняття нечіткої кривої Лоренса та нечіткого індексу Джині. На мові C++ також розроблений клас для роботи з нечіткими числами.



Обираючи групи населення і функції належності, що будуть їх фазифікувати, необхідно враховувати такі фактори, як податки, приховані прибутки, економічну мобільність країни і економічний “життєвий цикл” взагалі, тобто фактори, які не дають кривій Лоренса та індексу Джині описати суб’єктивної картини степені нерівності доходів в економіці. Намагання знизити нерівність в розподілі доходів належить до області нормативного економічного аналізу, який відомий тим, що економісти часто пропонують різні, часто діаметрально, рекомендації щодо вирішення конкретної проблеми. Це означає лише те, що економісти відштовхуються від різних філософських поглядів на поняття справедливості у суспільстві.

У даній роботі використано поняття теорії нечітких множин для створення та дослідження нечітких функцій розподілу благ та відповідних їм нечітких індексів соціальної нерівності. Зокрема, розроблено нечіткий аналог кривої Лоренса, індексу Джині та запропоновано їх програмні реалізації.

Автор вдячний проф. Волошин О. Ф. за постановку задачі та консультації під час підготовки доповіді.

### Література

1. Гальперин В. В., Гальперин В. М. 50 лекцій по мікроекономіке в 2 т. - СПб.: Экономическая школа, 2000. - 705-721с.
2. Ибрагимов В.А. Элементы нечеткой математики. - БАКУ: 2010. - сс. 9-14.
3. Новиков Д.А., Элементы теории нечетких множеств. - М.: ИПУ РАН, 2007. - сс.1-10.
4. Семенов В.В., Економічно-статистичні моделі та методи дослідження соціальних процесів: нерівність, бідність, поляризація: монографія в 2т. Т.1. Нерівність. —К.: РВВ ПУСКУ, 2008. – 238с.
5. Гаращенко Ф.Г., Волошин О.Ф. та ін. Развитие методів і технологій моделювання та оптимізації складних систем: колективна монографія. — Київ: Видавництво «Сталь», 2009. - сс. 30-33.
6. Шкаратан О.И., Социология неравенства. Теория и реальность; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М.:Изд.дом.Высшей школы экономики, 2012. – 526с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДЕКСА DAX ФИНАНСОВОГО РЫНКА ГЕРМАНИИ МЕТОДОМ PLS

Модель структурных уравнений применяется при анализе показателей многих сфер экономической и производственной деятельности. Новый подход к этой модели на основе метода частных наименьших квадратов (PLS) [1] начал активно использоваться с 80-х годов. Цель нашей работы – анализ факторов, влияющих на значения главного фондового индекса Германии (DAX) с использованием названной модели. При построении модели мы используем данные за период с 02.02.2009 по 28.02.2014 из базы DataStream. Мы выделяем 4 латентные переменные, которые позволяют проводить достаточно полный анализ поведения индекса DAX. Важную роль при получении результатов играют программные продукты SmartPLS и пакет PLSPM программы R.

В русскоязычной литературе практически отсутствуют работы, использующие метод PLS в модели структурных уравнений. Данный метод использует два вида показателей: латентные переменные (факторы) и наблюдаемые переменные. Латентные переменные строятся при помощи линейных комбинаций наблюдаемых показателей. Эти переменные не имеют прямых численных значений и часто носят вербальный характер. Указанная модель включает три основных компонента: структурная модель, модель измерений и весовая схема. Первые две модели используются во всех моделях систем одновременных уравнений, включающих латентные переменные, а весовая схема используется лишь в PLS подходе. Структурная модель, описывающая связи между латентными переменными, строится на основе причинных связей между факторами. Модель измерений служит для построения латентных переменных и установления их связей с наблюдаемыми переменными. Весовая схема служит для построения коэффициентов связи наблюдаемых и латентных переменных (схема 1) [2].



Схема 1 – Диаграмма построения алгоритма модели PLS

На заключительном этапе мы получаем оценки связей между факторами и их влияния на результирующий показатель.

Структурная схема и полученные результаты модели измерений приведены на рисунке 1. В таблице 1 находятся пояснения к структурной схеме, и приводится перечень наблюдаемых и латентных переменных.



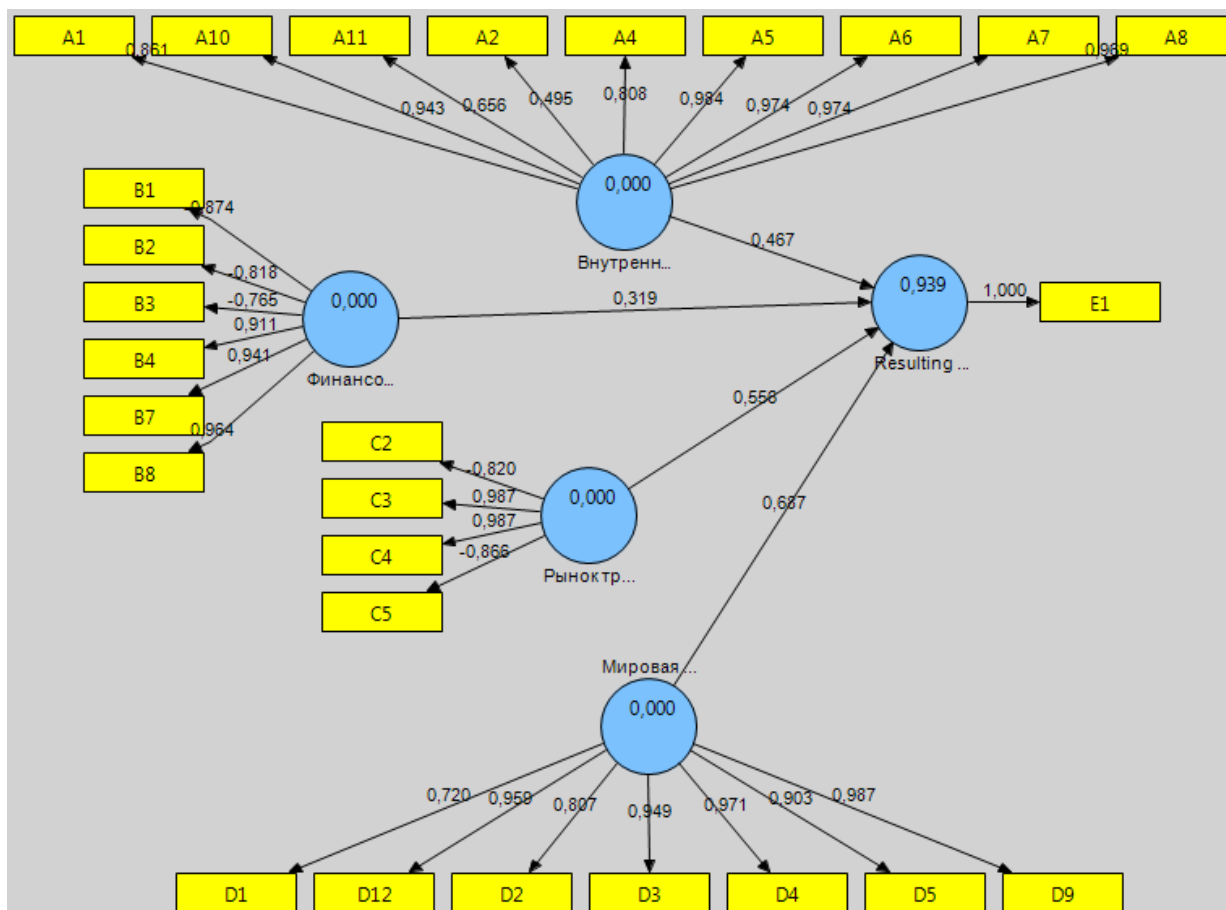


Рисунок 1 — Основная схема зависимостей

| Факторы формирования значений индекса |   |
|---------------------------------------|---|
| Внутренняя экономика (A)              | индекс потребительских цен (A1), розничные продажи (A2), индекс потребительского доверия (A4), экспорт (A5), импорт (A6), ВВП Германии (A7), бизнес-климат (A8), полученные производственные заказы (A10), выданные разрешения на жилую застройку (A11) |
| Финансовый рынок (B)                  | ставка дисконтирования (B1), трёхмесячная ставка Eibor (B2), десятилетняя доходность государственных облигаций (B3), денежная масса (B4), CDax (B7), MDax (B8)  |
| Рынок труда (C)                       | средняя почасовая заработная плата (C2), уровень безработицы (в процентах) (C3), количество безработных (C4), количество трудоустроенных (C5)   |
| Мировая экономика (D)                 | Nikkei 225 (D1), Oil price (D2), U.S. GDP (D3), U.K. GDP (D4), Japan GDP (D5), S&P500 (D9), Ftse all share index (D12)  |

Таблица 1 — Экзогенные факторы модели

Для оценки качества построенной модели был использован ряд статистических показателей. Так, в частности, общий вклад (Total effects) латентных переменных в объяснение вариации целевых показателей (таблица 2) свидетельствует о внутренней согласованности модели.

| Латентная переменная (см рис.1) | Вклад в объяснение вариации Y |
|---------------------------------|-------------------------------|
| A                               | 0,467114                      |
| B                               | 0,319340                      |
| C                               | 0,686630                      |
| D                               | 0,556248                      |

Таблица 2 — Общий вклад латентных переменных в объяснение вариации целевых показателей

Отбор лучшей модели проводится на основе показателя R-кв (0,939), AVE (Average Variance Extracted) (таблица 3) [3], значимости коэффициентов пути и других показателей.

| Латентная переменная | AVE      |
|----------------------|----------|
| Внутренняя экономика | 0,751355 |
| Финансовый рынок     | 0,777342 |
| Мировая экономика    | 0,817577 |
| Рынок труда          | 0,842368 |

Таблица 3 — Средняя извлечённая вариация (AVE)

В итоге, из рассмотренных схем зависимостей на основе реальных показателей мы выбираем систему (рис. 1), которая наиболее адекватно отражает реальные зависимости. Основываясь на полученных результатах, можно сделать выводы о достаточно высоком общем качестве построенной модели, её внутренней согласованности и высоких прогностических возможностях.

#### Литература

1. Michel Tenenhaus and others., PLS path modeling. The journal Computational Statistics & Data Analysis (48: p. 159-205)
2. Armin Monecke, Friedrich Leisch. SemPLS: Structural Equation Modeling Using Partial Least Squares
3. V. Esposito Vinzi, W.W. Chin, J. Henseler, H. Wang. Handbook of Partial Least Squares. Concepts, Methods and Applications. Springer, 850p.

## КОНЦЕПЦІЇ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ДІЯЛЬНОСТІ ФІНАНСОВИХ УСТАНОВ

Розглядаються концептуальні засади розроблення автоматизованої інформаційної системи підтримки прийняття рішень (СППР) у діяльності фінансових установ (банків, страхових компаній), що може бути застосована в умовах ризику і невизначеності [1],[2].

Вхідною інформацією СППР є набір ретроспективних даних про поведінку часових рядів, які представляють собою деякі статистичні показники діяльності фінансової установи, згруповані протягом визначеного періоду. Також вхідною інформацією можуть бути котирування на товарно-сировинній та валютній біржах за визначений період часу. Розглядаються дискретні фінансові часові ряди. Нехай  $S$  – дискретна множина, тоді дискретним часовим рядом  $Z = \{z_i\}_{i=1}^n = \{z_1, z_2, \dots, z_n\} = \{z(t_1), z(t_2), \dots, z(t_n)\}$  будемо називати скінчену послідовність вимірювань, які проводяться в дискретні моменти часу  $t_i \in S, i = \overline{1, n}$ ,  $n \in \mathbb{N}$  і фіксують характеристики зміни станів процесу або явища, яке досліджується,  $t_1$  – початковий момент часу.

Ціллю особи, яка приймає рішення (ОПР), при роботі з інформаційною СППР може бути отримання інформації про те, якою буде майбутня динаміка цінних показників протягом визначеного періоду та ідентифікація точок, оптимальних для входу на ринок і виходу з нього з максимальним економічним ефектом, а також про те, які з наявних активів є оптимальними для інвестування з точки зору максимізації доходності і мінімізації ризиків.

На рисунку зліва виділено концепції аналізу вхідних даних (фінансових часових рядів), їх прогнозування, ідентифікації моментів зміни їх тенденцій для вироблення стратегій прийняття рішень.

Основними етапами розроблення СППР для фінансових установ є:

- аналіз і первинна обробка вхідних часових рядів на основі фрактального послідовного R/S-аналізу з метою визначення показника Херста, що характеризує рівень персистентності часового ряду, з подальшим

оцінюванням середньої довжини циклів на основі аналізу поведінки кривої V-статистики;

- прогнозування знаків приростів з періодом 1 (для рядів курсових пар) та рівнів часових рядів з визначеним горизонтом на основі адаптивних комбінованих моделей;
- ідентифікація моментів зміни тенденцій на основі результатів прогнозування;
- вироблення і оцінювання стратегій прийняття рішень;
- прийняття управлінських рішень.

### Література

1. Berzlev A. Information system of forecasting based on combined models with time series clustering / A. Berzlev // International Journal «Information Models and Analyses». – 2014. – Vol. 3, Num. 1. P. 16-23.
2. Берзлев О.Ю. Сучасний стан інформаційних систем прогнозування часових рядів / О.Ю. Берзлев // Управління розвитком складних систем, КНУБА. – 2013. – Вип. 13. – С. 78-82.



**А.В. Бешлей, Я.С. Гарасим, Б.А. Остудін**

Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Університетська, 1, Львів, 79000, e-mail: [kom@franko.lviv.ua](mailto:kom@franko.lviv.ua)

### **ПРО ОТРИМАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ ДЕЯКИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТЕОРІЇ ПОТЕНЦІАЛУ**

Основним об'єктом наших досліджень є побудова ефективних апроксимаційних схем для розв'язування інтегрального рівняння (ІР) І-го роду такого вигляду

$$(A\sigma)(M) \equiv \iint_S \sigma(P) |M - P|^{-1} dS_p = U(M), \quad M \in S, \quad (1)$$

де, в загальному випадку,  $S$  – незамкнена ліпшицева поверхня,  $M$  і  $P$  – точки евклідового простору  $\mathbf{R}^3$ . Рівняння (1) часто використовують при розв'язуванні крайових задач теорії потенціалу, конкретно, задач електронної оптики. Певним узагальненням (1) є припущення, що  $S$  утворена з сукупності з  $N$  поверхонь, тобто  $S := \bigcup_{i=1}^N S_i$ . У цьому випадку ми трактуємо  $\sigma(P)$  як сумарну шукану густину розподілу зарядів на  $S$ , тобто  $\sigma(P) := \{\sigma_i(P), P \in S_i; i = \overline{1, N}\}$ . Моделювання електростатичного поля в істотно просторовій постановці передбачає врахування сингулярної поведінки функції  $\sigma(P)$  поблизу контуру розімкненої поверхні  $S$  та ліній її зламу. Тут ми вважаємо, що  $U(M)$ ,  $M \in S$ , задане граничне значення потенціалу на електроді, змодельованому поверхнею  $S$ . У якості типової розглядали задачу розрахунку електростатичного поля плоско-паралельного конденсатора. При математичному моделюванні проблеми інформацію про геометрію заряджених електродів подавали у вигляді двох паралельних прямокутних пластин, тобто  $S := S_1 \cup S_2$ , де

$$S_l := \{(x, y, z)^T \in \mathbf{R}^3 \mid (x, y) \in [-1, 1]^2; z = (-1)^{l-1} h; l = \overline{1, 2}; h > 0\} \quad (2)$$

Таким чином задача (1)-(2) знаходження густини розподілу зарядів дозволяє визначити створюване конденсатором електростатичне поле. Слід зауважити, що відтворення шуканого поля за умов суттєвої відмінності потенціалів на пластинах і поступового зменшення відстані між ними не є тривіальною проблемою з точки зору обчислень. Власне тому, шляхом запровадження в (1) певних заміन змінних, переходили від інтегрування по сукупній поверхні  $S$  до інтегрування по її конгруентній складовій.

Далі, при наближеному розв'язуванні аналогу (1) застосували метод колокації із апроксимацією шуканої густини кусково-постійними базисними функціями, а для оцінки похибки отримуваних результатів – певний апостеріорний метод, адаптований саме до ІР типу (1). Суть у тому, що розв'язок ІР (1) поводить себе нерегулярно лише в околі контуру розімкненої поверхні  $S$  (найбільш виразно, в околі її кутової точки), тому відтворення функції похибки  $e_U$ , яка характеризує рівень задоволення граничних умов, здійснювали лише на елементах  $D^e$ , що утворювалися в процесі нерівномірної дискретизації  $S$  (в даному випадку її конгруентної складової), і де  $e_U$  може набувати максимальні значення. Такі елементи ми називали “екстремальними”. Динаміка процедури досягнення наперед заданої точності наближених розв'язків ІР (1) відображена на рис. 1-2. Причому точки колокації відповідають точкам, у яких знаходили наближені значення  $\sigma(P)$ , а відтворюване граничне значення на  $S_1$  обрали рівним  $+1$ , а на  $S_2$  отримали  $-1$ . Параметр  $h = 0.5$ .

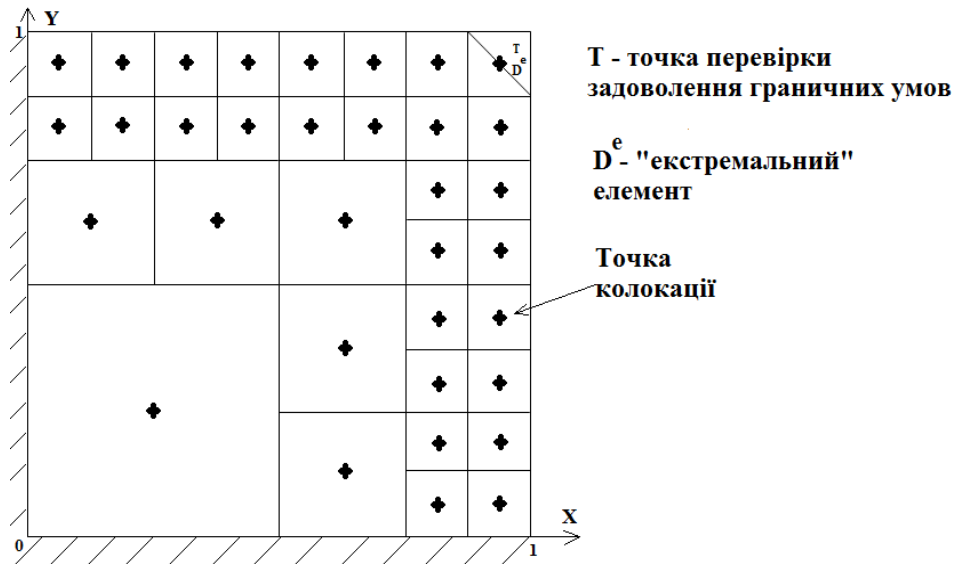


Рис. 1. Нерівномірний поділ на елементи конгруентної складової  $S$

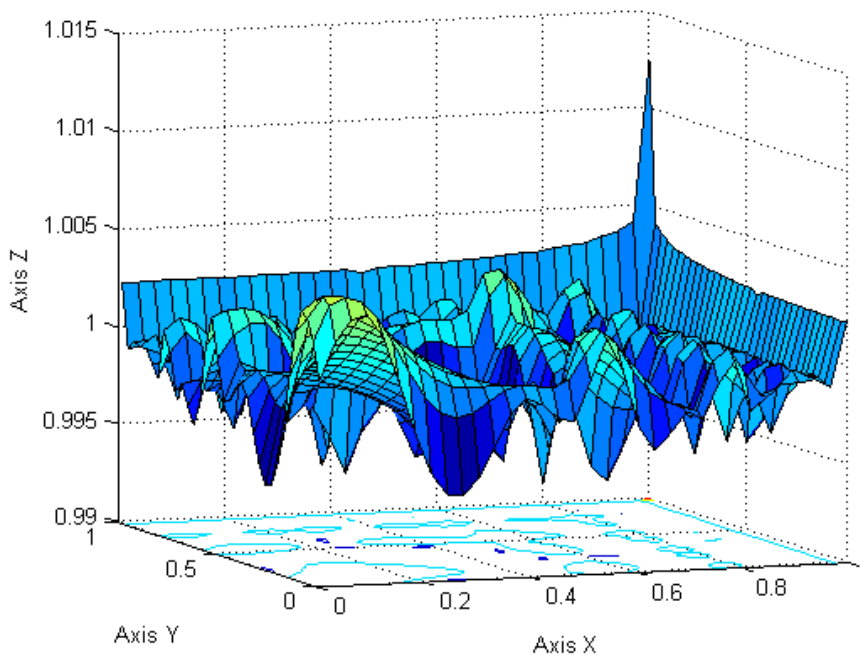


Рис. 2. Графік відтворених значень потенціалу на конгруентній складовій поверхні  $S$

### Література

1. *Garasym Ya.S.* A posteriori error estimate for some two-dimensional integral equations of the first kind on unclosed surfaces in potential theory / Ya.S. Garasym, B.A. Ostudin // *J. Numer. Appl. Math.* – 2009. – Vol. 97, No 1. – P. 57-69.
2. *Morrison J.A.* Charge singularity at the corner of a flat plate / J.A. Morrison, J.A. Lewis // *SIAM J. Appl. Math.* – 1976. – Vol. 31. – No 2. – P. 233-250.

### АПАРАТ НЕКЛАСИЧНИХ МІНОРАНТ НЬЮТОНА ФУНКЦІЙ ДВОХ ДІЙСНИХ ЗМІННИХ ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ЧИСЕЛЬНОМУ АНАЛІЗІ

В [1] побудовано апарат некласичних мажорант і діаграм Ньютона функцій однієї й двох дійсних змінних, заданих таблично, який використано в основному для розробки чисельних методів розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь і їхніх систем, точних на певних класах функцій. В [2] цей апарат використано для побудови чисельних методів для аналізу дискретних оптимізаційних процесів. У [3] розглянуто узагальнені градієнтні методи мінімізації негладких функцій та досліджено основні модифікації методу узагальненого градієнтного спуску.

Розглянемо функцію двох дійсних змінних  $z = f(x, y)$ , яка задана своїми значеннями в точках  $(x_i, y_j)$  ( $i = 0, 1, \dots, n; j = 0, 1, \dots, m$ ):

$$f(x_i, y_j) = z_{ij} \quad (i = 0, 1, \dots, n; j = 0, 1, \dots, m) \quad (1)$$

Нехай  $x_0 < x_1 < \dots < x_n$ ,  $y_0 < y_1 < \dots < y_m$  і

$$|z_{ij}| = a_{ij} \leq M \quad (i = 0, 1, \dots, n; j = 0, 1, \dots, m), \quad (2)$$

де  $M$  – деяка стала.

Точку  $P_{ij}(x_i, y_j, -\ln a_{ij})$  з координатами  $x = x_i$ ,  $y = y_j$ ,  $z = -\ln a_{ij}$  в просторі  $xuz$  назвемо *точкою зображення* значення функції  $f(x, y)$  в точці  $(x_i, y_j)$ .

Припустимо, що точки зображення  $P_{ij}$  значень функції  $z = f(x, y)$  в точках  $(x_i, y_j)$  ( $i = 0, 1, \dots, n; j = 0, 1, \dots, m$ ) у просторі  $xuz$  побудовані. З кожної точки  $P_{ij}$  проведемо півпрямую від'ємному напрямі осі  $Oz$  перпендикулярно до площини  $xu$ . Множину точок цих півпрямих позначимо через  $S$ , а її опуклу оболонку – через  $C(S)$ . Для кожної точки  $(x, y) \in R$ , де  $R = \{x_0 \leq x \leq x_n, y_0 \leq y \leq y_m\}$  визначимо точку  $B(x, y, \chi(x, y))$ , де

$$\chi(x, y) = \sup_{(x, y, z) \in C(S)} z.$$

Множина точок  $B(x, y, \chi(x, y))$ , де  $(x, y) \in R$ , утворює багатогранну поверхню  $\delta_f$ , яка обмежує  $C(S)$  зверху. Ця поверхня є неперервною, вгнутою і її рівняння має вигляд

$$z = \chi(x, y), \quad (x, y) \in R.$$

Поверхню  $\delta_f$ , визначену на  $R$ , назвемо *діаграмою Ньютона* функції  $z = f(x, y)$  на  $R$ .

Поверхня  $\delta_f$  має такі властивості:

- кожна вершина  $\delta_f$  розміщена в одній із точок зображення  $P_{ij}$  значення функції  $z = f(x, y)$  в точці  $(x_i, y_j)$ ;
- кожна точка зображення  $P_{ij}$  розміщена на  $\delta_f$  або нижче неї;
- кожній точці  $(x_i, y_j)$  відповідає точка  $B_{ij}(x_i, y_j, \chi_{ij})$  поверхні  $\delta_f$ , де

$$\chi_{ij} = \chi(x_i, y_j).$$

Позначимо

$$m_f(x, y) = \exp(-\chi(x, y)), \quad (x, y) \in R.$$

Тоді для кожної точки  $(x_i, y_j)$  ( $i = 0, 1, \dots, n; j = 0, 1, \dots, m$ ) виконується нерівність

$$m_f(x_i, y_j) \leq |f(x_i, y_j)| = |z_{ij}| = a_{ij}.$$

Справді, з побудови  $\delta_f$  випливає, що

$$-\ln a_{ij} \leq \chi(x_i, y_j),$$

або

$$a_{ij} \geq \exp(-\chi(x_i, y_j)) = m_f(x_i, y_j).$$

Функцію  $m_f(x, y)$ , визначену на  $R$ , назвемо *некласичною мінорантою Ньютона* функції  $z = f(x, y)$ , а поверхню  $\delta_f$  – її *діаграмою*.

Нехай

$$m_f(x_i, y_j) = t_{ij}, \quad (i = 0, 1, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m).$$

Величини

$$r_{ij}(x) = \left( \frac{t_{i-1,j}}{t_{ij}} \right)^{\frac{1}{x_i - x_{i-1}}} \quad (i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m)$$

і

$$r_{ij}(y) = \left( \frac{t_{i,j-1}}{t_{ij}} \right)^{\frac{1}{y_j - y_{j-1}}} \quad (j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 0, 1, \dots, n)$$

назвемо  $(i, j)$ -ми *числовими нахилами міноранти Ньютона*  $m_f(x, y)$  відповідно в напрямі осей абсцис і ординат, а величини

$$d_{ij}(x) = \frac{r_{i+1,j}(x)}{r_{ij}(x)} \quad (i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 0, 1, \dots, m; \quad d_{0j} = d_{nj} = \infty)$$

і

$$d_{ij}(y) = \frac{r_{i,j+1}(y)}{r_{ij}(y)} \quad (j = 1, 2, \dots, m-1; \quad i = 0, 1, \dots, n; \quad d_{i0} = d_{im} = \infty)$$

назвемо  $(i, j)$ -ми *відхиленнями міноранти Ньютона*  $m_f(x, y)$  відповідно в напрямі осей  $Ox$  і  $Oy$ .

Із вгнутості діаграми Ньютона  $\delta_f$  випливають такі нерівності:

$$r_{ij}(x) \geq r_{i+1,j}(x), \quad (i = 0, 1, \dots, n-1; \quad j = 0, 1, \dots, m);$$

$$r_{ij}(y) \geq r_{i,j+1}(y), \quad (i = 0, 1, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m-1);$$

$$d_{ij}(x) \leq 1, \quad (i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 0, 1, \dots, m);$$

$$d_{ij}(y) \leq 1, \quad (i = 0, 1, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m-1).$$

**Чисельний метод мінорантного типу відшукування екстремуму довільних логарифмічно опуклих функцій двох дійсних змінних.**

Нехай в області  $D = \{a \leq x \leq b, c \leq y \leq d\}$  визначена логічно опукла функція  $f(x, y)$ , яка може бути як гладкою, так і негладкою. Побудуємо в області  $D$  сітку:

$$x = x_i = a + ih, \quad i = 0, 1, \dots, n, \quad h = \frac{b-a}{n},$$

$$y = y_j = c + js, \quad j = 0, 1, \dots, m, \quad s = \frac{d-c}{m}.$$

Позначимо

$$f(x_i, y_j) = a_{ij} \quad (i = 0, 1, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m).$$

Побудуємо для значень  $f(x_i, y_j) = a_{ij}$  некласичну міноранту Ньютона  $m_f(x, y)$ . Оскільки функція  $f(x, y)$  є логічно опуклою в області  $D$ , то

$$m_f(x_i, y_j) = a_{ij} \quad (i = 0, 1, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m).$$

Тоді *числові нахили і відхили міноранти Ньютона* визначатимуться за формулами:

$$r_{ij}(x) = \left( \frac{a_{i-1,j}}{a_{ij}} \right)^{\frac{1}{x_i - x_{i-1}}} \quad (i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 0, 1, \dots, m),$$

$$r_{ij}(y) = \left( \frac{a_{i,j-1}}{a_{ij}} \right)^{\frac{1}{y_j - y_{j-1}}} \quad (j = 1, 2, \dots, m; \quad i = 0, 1, \dots, n),$$

$$d_{ij}(x) = \frac{r_{i+1,j}(x)}{r_{ij}(x)} \quad (i = 1, 2, \dots, n-1; \quad j = 0, 1, \dots, m; \quad d_{0j} = d_{nj} = \infty),$$

$$d_{ij}(y) = \frac{r_{i,j+1}(y)}{r_{ij}(y)} \quad (j = 1, 2, \dots, m-1; \quad i = 0, 1, \dots, n; \quad d_{i0} = d_{im} = \infty).$$

**Алгоритм методу.** Спочатку зауважимо, якщо для деякої точки  $(x_k, y_l) \in D$  виконуються умови

$$r_{kl}(x) \geq 1, \quad r_{k+1,l}(x) < 1; \quad (3)$$

$$r_{kl}(y) \geq 1, \quad r_{k,l+1}(y) < 1, \quad (4)$$

то точка  $(x_k, y_l)$  з точністю  $\varepsilon = \max(s, h)$  є точкою екстремуму функції  $f(x, y)$ .

Якщо умова (1) не виконується, то

$$r_{kl}(x) > 1, \quad r_{k+1,l}(x) \geq 1; \quad (5)$$

або

$$r_{kl}(x) \leq 1, \quad r_{k+1,l}(x) < 1; \quad (6).$$

При невиконанні умови (2)

$$r_{kl}(y) > 1, \quad r_{k,l+1}(y) \geq 1; \quad (7)$$

або

$$r_{kl}(y) \leq 1, \quad r_{k,l+1}(y) < 1; \quad (8).$$

Вибравши за початкове наближення екстремальної точки будь-яку точку  $(x_k, y_l) \in D$ , алгоритм методу є таким.

1. Якщо для точки  $(x_k, y_l)$  виконуються умови (3),(4), то точка  $(x_k, y_l)$  з точністю  $\varepsilon \leq \max(s, h)$  приймається за оптимальну і на цьому робота алгоритму завершується.

2. Якщо для точки  $(x_k, y_l)$  не виконується умова (3), а виконується умова (4), то у випадку (5) знаходимо найменше значення індекса  $\mu \geq 1$ , для якого  $r_{k+\mu,l}(x) < 1$ ; у випадку (6) знаходимо найменше значення індекса  $\nu \geq 1$ , для якого  $r_{k-\nu,l}(x) \geq 1$ . Знайшовши найближчу до  $(x_k, y_l)$  точку, для якої виконується умова (3), і позначивши цю точку через  $(x_k, y_l)$ , переходимо до пункту 1.

3. Якщо для точки  $(x_k, y_l)$  виконується умова (3), а не виконується умова (4), то у випадку (7) знаходимо найменше значення індекса  $\mu \geq 1$ , для якого  $r_{k,l+\mu}(y) < 1$ ; у випадку (8) знаходимо найменше значення індекса  $\nu \geq 1$ , для якого  $r_{k,l-\nu}(y) \geq 1$ . Знайшовши найближчу до  $(x_k, y_l)$  точку, для якої виконується умова (4), і позначивши цю точку через  $(x_k, y_l)$ , переходимо до пункту 1.

4. Якщо для точки  $(x_k, y_l)$  умови (3), (4) не виконуються, то за нову точку приймаємо  $(x_{k+1}, y_{l+1})$ . Позначивши цю точку через  $(x_k, y_l)$ , переходимо до пункту 1.

Якщо з більшою точністю треба знайти екстремальну точку, то за область  $D$  беремо окіл знайденої точки, зменшуємо кроки  $h$  і  $s$  і виконуємо описаний алгоритм.

### Література

1. Цегелик Г.Г. Апарат некласичних мажорант і діаграм Ньютона функцій, заданих таблично, та його використання в чисельному аналізі: монографія. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 190 с.
2. Глебена М.І. Математичні моделі та числові методи мажорантного типу для аналізу дискретних оптимізаційних процесів: автор. дис. на здобуття наук. ступеня канд. фіз.-мат. наук: спец. 01.05.02 “Математичне моделювання та обчислювальні методи” / М.І. Глебена. – Івано-Франківськ, 2012. – 23 с.
3. Шор Н. З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. – Киев.: Наук. думка, 1979. – 200 с.



**Біла Г.Д., Кнопов Д.О.**

Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
[chesakg@mail.ru](mailto:chesakg@mail.ru)

### **ОЦІНКА МАЙЖЕ ПЕРІОДИЧНОГО СИГНАЛУ ЗА СПОСТЕРЕЖЕННЯМИ ВИПАДКОВОГО ПРОЦЕСУ ІЗ СИЛЬНОЮ ЗАЛЕЖНІСТЮ**

Досліджено стохастичну модель передачі інформації за допомогою майже періодичного сигналу  $\varphi(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}^1$ , спотвореного випадковим шумом  $\varepsilon(t) = G(n(t))$ ,  $G: \mathbb{R}^1 \rightarrow \mathbb{R}^1$  – нелінійна борелівська функція, який заданий функціоналом від стаціонарного гауссівського випадкового процесу  $n(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}^1$ , із сильною залежністю. Для оцінки невідомого параметра частоти  $\omega_0 > 0$  сигналу  $\varphi(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}^1$ , за спостереженнями

$$x(t) = \varphi(\omega_0 t) + \varepsilon(t), \quad t \in [0, T],$$

на часовому інтервалі  $[0, T]$ , коли довжина інтервалу спостережень  $T \rightarrow \infty$ , запропоновано використовувати метод періодограмної оцінки, в основі обчислення якої лежить функціонал вигляду

$$\tilde{Q}_T(\omega) = \left| \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \varphi(\omega t) dt \right|^2.$$

Доведено основні асимптотичні властивості знайденої оцінки  $\tilde{\omega}_T$  невідомого параметра частоти  $\omega_0$ ,  $\tilde{Q}_T(\tilde{\omega}_T) = \max_{\omega \geq 0} \tilde{Q}_T(\omega)$ , такі як строгу конзистентність, швидкість збіжності оцінки до її істинного значення та збіжність асимптотичного розподілу оцінки до нормального закону розподілу.

Періодограмні оцінки такого типу при умові, що  $n(t)$ ,  $t \in \mathbb{R}^1$ , — випадковий процес із слабкою залежністю, вивчалися в [1, 2].

### **Література**

1. Кнопов P.S. Empirical estimates in stochastic optimization and identification / P.S. Кнопов, E.J. Kasitskaya. — New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. — 250 p.
2. Кнопов П.С. Оптимальные оценки параметров стохастических систем / П.С. Кнопов. — Киев: Наук. думка, 1981. — 152 с.

**Быць А.В.**Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины  
swantle@i.com.ua**РАЗРАБОТКА ДИСКРЕТНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ  
КООПЕРАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОСОБЕЙ**

Одной из актуальных теоретических проблем эволюционной теории является понимание причин наблюдаемого в процессе эволюции сохранения кооперативного поведения особей, при том, что эгоистические действия обеспечивают более высокую приспособленность (репродуктивный успех).

Различными авторами предложено несколько механизмов эволюционного выживания кооперирующихся особей [1]. Один из них – это родственный отбор. Он приводит к более успешному выживанию и размножению особей, которым помогают их родственники (а родственники с высокой вероятностью несут одни и те же гены, в частности, отвечающие за помощь). Другой предложенный механизм – это взаимность помощи. В этом случае помощь оказывается только или преимущественно тем особям, которые ответили данной особи своей помощью на ранее им оказанную ею помощь. Третий механизм – непрямая взаимность помощи (когда помощь оказывается тем, про кого известно, что они сами ранее оказывали помощь каким-то другим особям данной группы, имеющим репутацию помощников). Этот механизм представлен, в основном, в человеческих коллективах. Четвертый механизм – групповой отбор. Он заключается в том, что хотя при конкуренции внутри группы увеличивается процент эгоистических особей, но в процессе конкуренции между группами численность особей возрастает в тех группах, где больший процент особей, помогающих другим особям своей группы. Пятый механизм – так называемая сетевая взаимность помощи (когда помощь оказывается только живущим по соседству особям, в результате чего образуются территориальные группировки, взаимно помогающих друг другу особей-соседей).

Несмотря на существующие объяснения, остается актуальным дальнейший поиск механизмов сохранения кооперативного поведения в процессе эволюции.

Направление этого поиска лежит в области математического и компьютерного моделирования. Рассмотрен клеточно-автоматный подход к построению моделей динамики популяций особей одного вида с различными стратегиями кооперативного поведения. Предлагаемые модели, относящиеся к классу пространственных индивидуально-ориентированных моделей, позволяют исследовать динамику генов, определяющих кооперативное поведение особей, с учетом параметров полового и бесполого размножения, мутационного процесса, переселения и отбора особей, а также позволяют исследовать влияние неоднородности мест обитания на скорость расселения особей.

Пространство, доступное для жизни особей, представлено квадратной решеткой  $A(i,j)$ , ( $i = 1, \dots, N$ ;  $j = 1, \dots, M$ ) с узлами  $(i,j)$  и расстоянием между узлами, равным минимальному расстоянию между отдельными взрослыми особями в природных популяциях (решетка может быть свернута в тор для избежания граничных эффектов).

В каждом узле решетки  $(i,j)$  в любой момент времени может находиться не более одной особи. Для каждого узла  $(i,j)$  определяется множество соседних узлов  $S(i,j)$ , как содержащее все те узлы решетки, расстояние до которых измеряемое минимальным числом ребер решетки, которые соединяют данный узел с узлом  $(i,j)$ , является меньшим или равным числу  $L$ .

Каждая особь имеет ген  $x$  ( $x=1, \dots, r$ ), принимающий одно значение из конечного числа  $r$  значений, которое передается по наследству потомкам особи.

Вводится функция  $F(x(n), x(m))$ , которой пропорциональна вероятность отбора особей в группе, и функция  $D(y(e), y(g))$ , которой пропорциональна вероятность размножения одной группы за счет другой группы, где  $n$  – номер особи, а  $e$  и  $g$  – номера групп.

**Литература**

1. Nowak M. A. Five Rules for the Evolution of Cooperation // *Science*. – 2006. – V. 314, No. 5805. – P. 1560-1563.

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ВИДЕОДАНЫХ**

В последнее время анализ мультимедийной и, в частности, видеoinформации, получает все большее развитие. Это связано в первую очередь с интенсификацией развития техники и возникновением хранилищ информации все больших объемов, что в свою очередь позволяет вести работу со все более информативными данными. В этом плане видеоданные являются одним из наиболее перспективных направлений развития, и существует множество направлений анализа подобных данных, и исследователей получающих все больше новых результатов. В первую очередь, интересны аспекты интеллектуального анализа, т.к. это может позволить оптимизировать доступ к хранимым видеоданным, уменьшить объем хранимой информации, эффективно проводить отслеживание желательной/нежелательной информации в видеопотоках, производить поиск данных, представленных не в виде текстовой информации, а подобном мультимедийном виде. Следует отметить, что целый ряд компаний проводит активные изыскания на тему решения задачи интеллектуального поиска в мультимедиа данных, зависимо от контекста и, в частности, задачей сегментации видео.

В связи с этим возникает задача математического описания видеопотока и его представление в строгом виде, удобном для дальнейшей обработки.

Видеопоток можно представить как упорядоченный во времени набор изображений (видеокадров)  $\Phi = \{B_i\}_{i=1}^N$ . Таким образом, мы имеем некоторую последовательность изображений, однако не просто их перечисление, т.к. между различными кадрами может существовать связь. Тогда всю последовательность можно разбить на отдельные части в зависимости от их взаимосвязи, т.е. мы переходим к понятию сегмента.

Видеосегмент (или просто сегмент) длиной  $(\beta - \alpha + 1)$  – это упорядоченный во времени набор изображений  $S_{\alpha\beta} = \{B_\alpha, B_{\alpha+1}, \dots, B_{\beta-1}, B_\beta\}$ .

Нужно понимать, что взаимосвязь внутри сегмента можно очень удачно описать при помощи понятий теории отношений, т.к. это вполне укладывается в рамки данной теории. Пусть на  $\Phi \times \Phi$  задано отношение  $\tau$  (например, сходства – толерантности, неразличимости – эквивалентности). Тогда можно сказать, что изображения  $B_i, B_j \in \Phi$  называются связными, если  $B_i \tau B_j$  или  $\bar{B}_i, \bar{B}_j \in \tau$  (в противном случае –  $\bar{B}_i, \bar{B}_j \notin \tau$ ). Соответственно можно ввести понятие связного сегмента.

Определение. Сегмент  $S_{\alpha\beta}$  называется связным, если  $\forall i, j \in \{\alpha, \dots, \beta\} \Rightarrow B_i \tau B_j$  и

$$\forall \alpha > 1 \Rightarrow \bar{B}_{\alpha-1}, \bar{B}_\alpha \in \tau, \quad \forall \beta < N \Rightarrow \bar{B}_\beta, \bar{B}_{\beta+1} \in \tau.$$

Связный сегмент будем обозначать  $S_{\alpha\beta}^* = [B_\alpha]_\tau$ , подразумевая, что  $[B_\alpha]_\tau$  – класс толерантности или эквивалентности. Вместо  $B_\alpha$  можно использовать произвольное изображение сегмента, но с практической точки зрения целесообразно применять ключевой кадр (наиболее «похожий» на все остальные изображения отрезка). Соответственно можно сказать, что ключевым кадром  $\tilde{B}_{\alpha\beta}$  связного сегмента  $S_{\alpha\beta}^* = [B_\alpha]_\tau$  является

$$\tilde{B}_{\alpha\beta} = \arg \min_{B^* \in [B_\alpha]_\tau} \sum_{i=\alpha}^{\beta} F(B^*, B_i),$$

где  $F(o, o)$  – некоторый неотрицательный функционал сходства (как минимум, отвечающий аксиомам рефлексивности и симметричности).

Определение данного функционала зависит от решаемой задачи, и в каждом конкретном случае он может иметь новый вид, однако это не повлияет на понятие ключевого кадра, а только на порядок его выбора.

Для проведения анализа в рамках всего видеофрагмента удобно ввести понятие аппроксимации связности, что по факту будет означать то количество кадров сегмента, которое будет анализироваться. Это позволяет сократить время, необходимое на обработку, а также провести распараллеливание процесса обработки.

**Определение.**  $k$ -аппроксимация связности при анализе  $V_i \in \Phi$  – выполнение  $V_{i-k} \tau V_i, \dots, V_{i-2} \tau V_i, V_{i-1} \tau V_i$  (если  $\tau$  – эквивалентность, если нет, то надо рассматривать транзитивное замыкание отношений).

Таким образом, в изложенной терминологии для решения задачи сегментации можно либо анализировать все изображения последовательности, либо при анализе  $i$ -го сегмента в момент времени  $l \in \{\beta_{(i-1)} + 1, \dots, N\}$  анализируется лишь  $k$ -аппроксимация, что обеспечивает принятие решения в последовательном режиме: кадр за кадром.

Также необходимо оценивать то, насколько близки различные кадры одного сегмента видео друг к другу, ведь понятно, что даже некоторое движение каких-либо объектов приведет к изменению видеок кадров, хотя вероятно не ведет к смене сегмента. Для этого зададим некоторое множество отношений  $\Gamma = \{\tau_\gamma\}$ ,  $\gamma \in \Gamma$ , определяющих сходство или неразличимость видеок кадров. Тогда мы можем уточнить понятие связности сегмента.

Сегмент называется сильно-связным ( $^+S_{\alpha\beta}$ ), если  $\forall V_i, V_j \in S_{\alpha\beta}, \forall \gamma \in \Gamma \Rightarrow V_i \tau_\gamma V_j$ . Т.е. другими словами для того, чтобы сегмент был сильно связным необходимо, чтобы любая пара кадров сегментов была связана одним и тем же отношением, если же на сегменте имеем некоторое множество отношений, и хоть какой-либо элемент этого множества связывает любую пару кадров видеосегмента, то можно говорить что сегмент называется слабо-связным ( $^-S_{\alpha\beta}$ ):

$$\forall V_i, V_j \in S_{\alpha\beta}, \exists \{\gamma'\}, \gamma' \in \Gamma' \subset \Gamma \Rightarrow V_i \tau_{\gamma'} V_j.$$

При этом если набор отношений  $\{\gamma'\}$  одинаков для всех видеок кадров сегмента, мы можем говорить об однородной слабо-связности.

Таким образом, задачу сегментации видео можно представить на основании введенных определений и понятий следующим образом:

Полной сегментацией видеопотока  $\Phi$  назовем его разбиение на сегменты

$$\forall i \in I, \text{ где } I \text{ – индексное множество } S_{\alpha(i)\beta(i)}^* \neq \emptyset,$$

$$\Phi = \bigcup_{i \in I} S_{\alpha(i)\beta(i)}^*, \forall i \neq j \in I S_{\alpha(i)\beta(i)}^* \cap S_{\alpha(j)\beta(j)}^* = \emptyset$$

При этом иногда возникает ситуация, когда разбиение не совсем полно описывает картину видео, например, в случаях, когда границы сегментов размыты, т.е. часть кадров можно отнести к разным сегментам, в таком случае сегменты пересекаются, таким образом, мы получаем уже не разбиение, а покрытие, т.е. рассматривается эквивалентность или толерантность и можно говорить о частичной сегментации.

Кроме того, можно ввести понятие иерархии сегментаций, т.е. многоуровневой сегментации, когда для каждого сегмента может быть снова проведена сегментация или же наоборот, т.е. иерархия сегментаций – построение разбиений или покрытий на основе текущей сегментации (синтез сюжетов, т.е. объединение «не граничащих» сегментов в новый класс эквивалентности (толерантности) на основе иных – семантических – отношений).

В качестве вывода отметим, что данная формализация задачи сегментации видеоданных, позволяет в дальнейшем удобно использовать произвольный математический аппарат такой, например, как нейронные сети, анализ временных рядов, использование следящих функций и т.д. Что значительно упрощает работу исследователей в данном направлении.

**ПОСЛІДОВНЕ НАВЧАННЯ ГІБРИДНОЇ ВЕЙВЛЕТ-МАШИНИ ОПОРНИХ ВЕКТОРІВ**

На цей час системи обчислювального інтелекту отримали широке розповсюдження для вирішення великого класу задач, що пов'язаний з обробкою інформації, яка представлена у самих довільних формах: від найпростіших таблиць «об'єкт-властивість» до складних нестационарних багатовимірних стохастичних часових рядів. Системи обчислювального інтелекту такі як штучні нейронні мережі, нейро-фаззі системи, вейвлет-системи мають високу швидкодію, універсальні апроксимуючі властивості, здатність до виявлення локальних особливостей. Існуючі підходи для свого навчання потребують великих обсягів навчальної вибірки, причому обсяг початкової навчальної вибірки повинен бути як мінімум на два порядки більше ніж кількість налаштованих параметрів таких систем. Але, на жаль, така ситуація можлива далеко не завжди, особливо при вирішенні практичних задач. В багатьох практичних задачах, наприклад, в задачах медичної діагностики, прогнозування фінансових показників, тощо, обсяги навчальної вибірки недостатні для того, щоб побудувати і навчити системи штучного інтелекту.

У зв'язку з цим є доцільною розробка достатньо простих нейро-фаззі систем, що реалізують ідеї навчання, що засновані на мінімізації критерію емпіричного ризику [1-3], орієнтованих на обробку інформації в online-режимі. Як базовий елемент таких систем може бути прийнято вейвлет-нейрон, що характеризується високими апроксимуючими та екстраполюючими властивостями. В випадку коли оброблюваний сигнал задано короткою чи надкороткою вибіркою, відомі методи навчання не встигають налаштувати усі параметри мережі. Тому на перший план виходять методи навчання на основі мінімізації емпіричного ризику.

Вводячи до розгляду  $(nh \times 1)$  – вектор вейвлет-функцій активації

$$\varphi(x(k)) = (\varphi_{11}(x_1(k)), \dots, \varphi_{h1}(x_1(k)), \varphi_{12}(x_2(k)), \dots, \varphi_{h2}(x_2(k)), \dots, \varphi_{1n}(x_n(k)), \dots, \varphi_{hn}(x_n(k)))^T, \quad (1)$$

де  $k = 1, 2, \dots, N$  - номер векторного спостереження  $x(k)$  в навчальній вибірці або поточний дискретний час) і відповідний йому вектор синаптичних ваг вейвлет-нейрона

$$w = (w_{11}, \dots, w_{h1}, w_{12}, \dots, w_{h2}, \dots, w_{1n}, \dots, w_{hn})^T, \quad (2)$$

можна переписати вихід вейвлет-нейрона у вигляді

$$\hat{y}(k) = w^T \varphi(x(k)). \quad (3)$$

Навчання вейвлет-нейрона з використанням опорних векторів найменших квадратів зводиться до оптимізації квадратичного критерія

$$E(N) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + \frac{\gamma}{2} \sum_{k=1}^N e^2(k) \quad (4)$$

з врахуванням обмежень у вигляді системи з  $N$  лінійних рівнянь  $y(k) = w^T \varphi(x(k)) + e(k)$ , де  $\gamma > 0$  - параметр регуляризації.

Для врахування системи обмежень введемо до розгляду функцію Лагранжа

$$L(w, e(k), \lambda(k)) = \frac{1}{2} w^T w + \frac{\gamma}{2} \sum_{k=1}^N e^2(k) + \sum_{k=1}^N \lambda(k) (y(k) - w^T \varphi(x(k)) - e(k)). \quad (5)$$

Оптимізація такої функції приводить до рішення у вигляді

$$\Lambda_N = (\gamma^{-1} \mathbf{I}_{NN} + \Omega_{NN})^{-1} Y_N. \quad (6)$$

(тут  $\mathbf{I}_{NN}$  -  $(N \times N)$  - одинична матриця,  $\Omega_{NN} = \{\Omega_{pq} = \varphi^T(x(p))\varphi(x(q))\}$ ,  $p = 1, 2, \dots, N; q = 1, 2, \dots, N$ ), звідки вихідний сигнал вейвлет-нейрона може бути записано:

$$\hat{y}(x) = \left( \sum_{k=1}^N \lambda(k) \varphi(x(k)) \right)^T \varphi(x), \quad (7)$$

де  $\lambda(k)$  - невизначені множники Лагранжа.

Якщо ж дані надходять послідовно, процес навчання вейвлет-машини опорних векторів доцільно проводити в online-режимі. При цьому при надходженні пари  $x(N+1), y(N+1)$  вираз (7) набуває вигляду

$$\hat{y}(x) = \left( \sum_{k=1}^N \lambda(k) \varphi(x(k)) + \lambda(N+1) \varphi(x(N+1)) \right)^T \varphi(x) \quad (8)$$

або в матричній формі

$$\begin{pmatrix} \Omega_{NN} & | & \omega_{N+1} \\ \hline & & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Lambda_N \\ \hline \lambda(N+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_N \\ \hline y(N+1) \end{pmatrix}, \quad (9)$$

де  $\omega_{N+1} = (\mu^T(x(1))\mu(x(N+1)), \mu^T(x(2))\mu(x(N+1)), \dots, \mu^T(x(N))\mu(x(N+1)))^T$ .

З (9) випливає

$$\Lambda_{N+1} = \begin{pmatrix} \Lambda_N \\ \hline \lambda(N+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Omega_{NN} & | & \omega_{N+1} \\ \hline & & \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Y_N \\ \hline y(N+1) \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Використовуючи далі формулу Фробеніуса у вигляді [4]

$$M = \begin{pmatrix} A & | & B \\ \hline & & \\ C & | & D \end{pmatrix}, |D| \neq 0, M^{-1} = \begin{pmatrix} A & | & B \\ \hline & & \\ C & | & D \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} K^{-1} & | & -K^{-1}BD^{-1} \\ \hline & & \\ -D^{-1}CK^{-1} & | & D^{-1} + D^{-1}CK^{-1}BD^{-1} \end{pmatrix}, K = A - BD^{-1}C,$$

можна записати

$$K = \Omega_{NN} - \omega_{N+1} \gamma \omega_{N+1}^T, K^{-1} = (\Omega_{NN} - \gamma \omega_{N+1} \omega_{N+1}^T)^{-1}.$$

Нескладно обчислити  $(N+1)$ -й множник Лагранжа за допомогою виразу

$$\lambda(N+1) = -\gamma \omega_{N+1}^T K^{-1} Y_N + \gamma (1 + \gamma \omega_{N+1}^T K^{-1} \omega_{N+1}) y(N+1).$$

Використавши далі формулу Шермана-Моріссона для обернення матриць, отримуємо кінцевий алгоритм навчання

$$\begin{cases} K^{-1} = \Omega_{NN}^{-1} + \frac{\Omega_{NN}^{-1} \omega_{N+1} \omega_{N+1}^T \Omega_{NN}^{-1}}{1 - \omega_{N+1}^T \Omega_{NN}^{-1} \omega_{N+1}} \\ \lambda(N+1) = 1 + \gamma \omega_{N+1}^T K^{-1} (\omega_{N+1} - Y_N). \end{cases} \quad (11)$$

## Література

1. Vapnik V.N. The Nature of Statistical Learning Theory. - N.Y.: Springer, 1995. – 188 p.
2. Suykens J.A.K., Van Gestel T., De Brabanter J., De Moor B., Vandewalle J. Least Squares Support Vector Machines. - Singapore: World Scientific, 2002. – 294 p.
3. Abe S., Tsujinishi D. Fuzzy Least Squares Support Vector Machines for multiclass problems // Neural Networks. – 2003. – 16. – P. 785-792.
4. Gantmacher F.R. The Theory of Matrices. - AMS Chelsea Publishing: Reprinted by American Mathematical Society, 2000. – 660 p.

**АДАПТИВНИЙ МЕТОД НАВЧАННЯ СИНАПТИЧНИХ ВАГ, АКТИВАЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ТА АРХІТЕКТУРИ РАДІАЛЬНО-БАЗИСНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

На теперішній час штучні нейронні мережі (ШНМ) отримали широке розповсюдження для вирішення різноманітних задач інтелектуального аналізу даних, завдяки своїм універсальним апроксимуючим властивостям та здатності до навчання. При цьому, зазвичай, під навчанням розуміють процес оптимізації деякого заздалегідь заданого критерія навчання. Ситуація ускладнюється за умов короткої навчальної вибірки, коли на перший план виходить швидкість збіжності алгоритмів навчання, при цьому задача ще більш ускладнюється, якщо ця вибірка задана не в формі пакету, а коли дані надходять на вхід мережі послідовно у on-line режимі. Безсумнівно перевага у цьому випадку віддається ШНМ, чий вихідний сигнал лінійно залежить від синаптичних ваг. До таких мереж в першу чергу слід віднести радіально-базисні ШНМ, синаптичні ваги яких можуть налаштовуватися за допомогою оптимізованих за швидкістю гаусівсько-н'ютонівських та градієнтних процедур. В принципі нескладно ввести додаткові контури навчання і для налаштування активаційних функцій мережі – центрів та рецепторних полів. Найбільш складним моментом при синтезі радіально-базисних мереж є вибір кількості нейронів, оскільки недостатня їх кількість погіршує апроксимуючі властивості мережі, а їх надлишок веде до, так званого, «прокльону розмірності». Розв'язати цю проблему можна, скориставшись підходом, відомим як еволюційні системи обчислювального інтелекту [1-4]. Слід відзначити, що більшість алгоритмів, пов'язаних з цим підходом, орієнтовані на пакетне опрацювання інформації. Відомі також алгоритми орієнтовані суто на радіально-базисні мережі [5, 6], але вони також не пристосовані для роботи у on-line режимі. У зв'язку з цим нами пропонується адаптивний метод навчання всіх параметрів (включаючи кількість нейронів) радіально-базисних ШНМ, що здатні опрацювати інформацію, що послідовно надходить на вхід нейронної мережі.

Введемо до розгляду нелінійне перетворення, що реалізується ШНМ, вигляду

$$\hat{y}(k) = w_0 + \sum_{l=1}^h w_l \varphi_l(x(k)) = \sum_{l=0}^h w_l \varphi_l(x(k)) = w^T \tilde{\varphi}(x(k)),$$

де  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T$  –  $n$ -вимірний вхідний сигнал у поточний момент часу  $k$ ;

$\varphi_l(x(k)) = \varphi_l(\|x(k) - c_l\|^2, \sigma_l)$  – радіально-базисні функції аргумента відстані між вхідним образом  $x(k)$  та центром  $c_l$ ,  $\sigma_l$  – параметр ширини функції або у більш загальному випадку

матриця рецепторного поля  $\Sigma_l$ ,  $\tilde{\varphi}(x(k)) = (1, \varphi^T(x(k)))^T$ ,

$\varphi(x(k)) = (\varphi_1(x(k)), \varphi_2(x(k)), \dots, \varphi_h(x(k)))^T$ .

В якості активаційних зазвичай використовуються ядерні (дзвонуваті) функції, частіше за все функція Гауса, у нашому ж випадку була використана функція, пов'язана з розподілом Коші вигляду

$$\varphi_l(x(k)) = \left(1 + \|x(k) - c_l\|_{\Sigma_l}^2\right)^{-1},$$

чия похідна формується як квадрат цієї функції.

Використовуючи квадратичний критерій навчання, можна записати процедуру градієнтного налаштування параметрів мережі:

$$\begin{cases} w_l(k+1) = w_l(k) + \eta_w(k+1)e(k)\varphi_l\left(\|x(k+1) - c_l(k)\|_{\Sigma_l^{-1}(k)}^2\right), \\ c_l(k+1) = c_l(k) + \eta_c(k+1)e(k+1)w_l(k+1)\varphi_l^2\left(\|x(k+1) - c_l(k)\|_{\Sigma_l^{-1}(k)}^2\right) \times \\ \times \Sigma_l^{-1}(k)(x(k+1) - c_l(k)), \\ \Sigma_l^{-1}(k+1) = \Sigma_l^{-1}(k) - \eta_\Sigma(k+1)e(k+1)w_l(k+1)\varphi_l^2\left(\|x(k+1) - c_l(k+1)\|_{\Sigma_l^{-1}(k)}^2\right) \times \\ \times (x(k+1) - c_l(k+1))(x(k+1) - c_l(k+1))^T, \end{cases}$$

де  $\eta_w$ ,  $\eta_c$ ,  $\eta_\Sigma$  – параметри кроку градієнтного пошуку,  $e(k+1) = y(k+1) - w^T(k)\tilde{\varphi}(x(k+1))$  – похибка навчання на  $(k+1)$ -му такті.

Процес налаштування кількості нейронів мережі полягає в тому, що спочатку задається максимально припустима кількість нейронів у мережі  $h \leq H \leq e^n$  та поріг  $\Delta$  нероздільності центрів активаційних функцій  $c_l$ ,  $l = 1, 2, \dots, h$ . На початкових етапах навчання відбувається за принципом «нейрони в точках даних» так, як це реалізовано в узагальнених регресійних нейронних мережах [7]. Коли кількість активаційних функцій досягає значення  $H$ , починається налаштування центрів  $c_l(k+1)$  за допомогою другого співвідношення введеної вище градієнтної процедури, одночасно відбувається і уточнення  $w_l(k+1)$ ,  $\Sigma_l^{-1}(k+1)$ .

Якщо будь які два із існуючих центрів наблизяться один до одного так, що

$$\|c_l(k+1) - c_l(k+1)\| < \Delta, \quad \forall t = 1, 2, \dots, h, \quad l = 1, 2, \dots, h,$$

$c_l(k+1)$  виключається з мережі, зменшуючи загальну кількість нейронів.

Таким чином, мережа в процесі еволюції може як розростатися (growing), так і скорочуватися (pruning), формуючи свою оптимальну архітектуру.

### Література

1. Angelov P. Evolving Rule-based Models: A Tool for Design of Flexible Adaptive Systems / Angelov P. // Heidelberg – New York: Springer – Verlag, 2002 – 567 p.
2. Kasabov N. Evolving Connectionist Systems. / Kasabov N. // London: Springer – Verlag. – 2003 – 307p.
3. Angelov P. Evolving computational intelligence systems / Angelov P., Kasabov N. // Proc. 1<sup>st</sup> Int. Workshop on Genetic Fuzzy Systems – Granada, Spain, 2005 – P. 76-82.
4. Lughofer E. Evolving Fuzzy Systems – Methodologies, Advanced Concepts and Application / Lughofer E. // Berlin - Heidelberg: Springer – Verlag. – 2011 – 454p.
5. Paetz J. Reducing the number of neurons in radial basis function networks with dynamic decay adjustment. / Paetz, J. // Neurocomputing – 2004 – 62 – P. 79-91.
6. Platt J. A resource allocating network for function interpolation / Platt J. // Neural Comp. – 1991 – 3 – P. 213-225.
7. Specht D. F. A general regression neural network / Specht D. F. // IEEE Trans. on Neural Networks – 1991. – 2. – P. 568-576.



## НЕО-ФАЗЗИ КАСКАДНА СИСТЕМА ЗІ ЗМІННОЮ КІЛЬКІСТЮ ВУЗЛІВ У КАСКАДАХ

Якість опрацювання інформації нейро-фаззі системами та нейронними мережами може бути покращена шляхом настроювання не тільки синаптичних ваг, але й власне архітектури системи. Ця ідея лежить в основі так званих еволюційних систем обчислювального інтелекту [1,2], які отримують у теперішній час усе більш широке поширення. У рамках цього підходу можна виділити каскадні нейронні мережі [3,4] завдяки їх високій ефективності та простоті налаштування як синаптичних ваг, так і власне архітектури. Ця мережа стартує з найпростішої архітектури (перший каскад), утвореної пулом нейронів, які навчаються незалежно. Після того, як усі вузли пулу першого каскаду налаштовані, з них обирається один найкращий у сенсі прийнятого критерію, всі ж інші видаляються, в результаті чого й формується перший каскад, утворений єдиним нейроном, синаптичні ваги якого надалі не налаштовуються – «заморожуються».

Після цього формується другий каскад, який, як правило, утворено пулом тих же нейронів з тією лише різницею, що ці нейрони мають додатковий вхід (а, отже, і додаткову синаптичну вагу), утворений виходом першого каскаду. Процес нарощування каскадів еволюційної архітектури продовжується доти, доки не буде досягнуто необхідної якості розв'язання задачі на навчальній вибірці.

При роботі з нестационарними об'єктами може виникнути ситуація, коли на одній частині навчальної вибірки найкращим виявиться один нейрон, а на іншій - зовсім інший. У зв'язку з цим цілком природно в пулі зберігати всі нейрони (без визначення найкращого нейрона-переможця), а вихідний сигнал каскаду формувати шляхом об'єднання виходів усіх вузлів пулу на основі деякої оптимізаційної процедури, що породжується загальним критерієм якості роботи нейронної мережі.

Нехай на вхід системи надходить векторний сигнал  $x(k) = (x_1(k), x_2(k), \dots, x_n(k))^T$ , де  $k = 1, 2, \dots$  – номер образу в таблиці «об'єкт - властивість» або поточний дискретний час. Цей сигнал подається на входи всіх нейронів мережі  $N_j^{[m]}$  ( $j = 1, 2, \dots, q$  – число нейронів у пулі,  $m = 1, 2, \dots$  – номер каскаду), на виходах яких з'являються сигнали  $\hat{y}_j^{[m]}(k)$ . Надалі ці сигнали об'єднуються за допомогою узагальнюючого нейрону  $GN^{[m]}$ , котрий формує оптимальний вихід  $m$ -го каскаду  $\hat{y}^{*[m]}(k)$ . При цьому, якщо на нейрони першого каскаду подається тільки вектор  $x(k)$ , котрий у загальному випадку може містити і сигнал зміщення  $x_0(k) \equiv 1$ , то нейрони другого каскаду мають додатковий вхід для сигналу  $\hat{y}^{*[1]}(k)$ , третього каскаду – два додаткових входи  $\hat{y}^{*[1]}(k), \hat{y}^{*[2]}(k)$ ,  $m$ -го каскаду –  $(m-1)$  додаткових входів  $\hat{y}^{*[1]}(k), \hat{y}^{*[2]}(k), \dots, \hat{y}^{*[m-1]}(k)$ . Каскади формуються у процесі навчання мережі, коли стає зрозуміло, що всі попередні каскади не забезпечують необхідну якість навчання.

Вихідні сигнали всіх нейронів пулу кожного каскаду об'єднуються нейроном  $GN^{[m]}$ , вихід якого  $\hat{y}^{*[m]}(k)$  за точністю повинен перевершувати будь-який з сигналів  $\hat{y}_j^{[m]}(k)$ .

У якості елементів запропонованої нео-фаззі системи можна використовувати нео-фаззі-нейрони [5,6] або розширені нео-фаззі-нейрони [7].

Вводячи до розгляду вектор вихідних сигналів пулу  $m$ -го каскаду  $\hat{y}^{[m]}(k) = (\hat{y}_1^{[m]}(k), \hat{y}_2^{[m]}(k), \dots, \hat{y}_q^{[m]}(k))^T$ , формуватимемо оптимальний вихідний сигнал нейрону  $GN^{[m]}$  у вигляді

$$\hat{y}^{*[m]}(k) = \sum_{j=1}^q c_j^{[m]} \hat{y}_j^{[m]}(k) = c^{[m]T} \hat{y}^{[m]}(k) \quad (1)$$

за додаткових обмежень на незміщеність

$$\sum_{j=1}^q c_j^{[m]} = E^T c^{[m]} = 1, \quad (2)$$

де  $c^{[m]} = (c_1^{[m]}, c_2^{[m]}, \dots, c_q^{[m]})^T$ ,  $E = (1, 1, \dots, 1)^T$  –  $(q \times 1)$  – вектори.

Вводячи надалі критерій навчання на ковзному вікні з урахуванням обмеження (2), при розмірі вікна  $s = 1$  оптимізований вихід узагальнюючого нейрону набуває вкрай простого вигляду:

$$\hat{y}^{*[m]}(k+1) = \frac{\hat{y}^{[m]T}(k+1) \hat{y}^{[m]}(k+1)}{E^T \hat{y}^{[m]}(k+1)} = \frac{\|\hat{y}^{[m]}(k+1)\|^2}{E^T \hat{y}^{[m]}(k+1)} = \frac{\sum_{j=1}^q (\hat{y}_j^{[m]}(k+1))^2}{\sum_{j=1}^q \hat{y}_j^{[m]}(k+1)}. \quad (3)$$

Тут важливо відзначити, що як навчання нейронів у каскадах, так і навчання узагальнюючих нейронів можна організувати в адаптивному режимі. При цьому ваги всіх попередніх каскадів не заморожуються, а постійно налаштовуються, число каскадів може як збільшуватися, так і зменшуватися, що вигідно відрізняє запропоновану нейронну мережу від відомих каскадних систем.

Таким чином, запропоновано нову архітектуру та алгоритми навчання для гібридної каскадної нейронної мережі з оптимізацією пулу нейронів у кожному каскаді. Запропонована гібридна каскадна нейронна мережа забезпечує обчислювальну простоту та характеризується високою точністю апроксимації.

### Література

1. Kasabov N. *Evolving Connectionist Systems*. – London: Springer-Verlag, 2003. – 307 p.
2. Lughofer E. *Evolving Fuzzy Systems – Methodologies, Advanced Concepts and Applications*. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – 454 p.
3. Fahlman S.E., Lebiere C. The cascade-correlation learning architecture. *Advances in Neural Information Processing Systems / Ed. by D.S. Touretzky*. – San Mateo, CA: Morgan Kaufman, 1990. – P. 524-532.
4. Prechelt L. Investigation of the Cascor family of learning algorithms // *Neural Networks*. – 1997. – 10. – P. 885-896.
5. Horio K., Yamakawa T. Modified counterpropagation employing neo fuzzy neurons and its application to system modeling // *Proc. Int. Conf. on Info-tech and Info-net (ICII 2001)*. Beijing, China, Oct. 29 – Nov. 1, 2001. – IEEE Press, 2001. – V.4. – P. 50–55.
6. Yamakawa T., Uchino E., Miki T., Kusanagi H. A neo fuzzy neuron and its applications to system identification and prediction of the system behavior // *Proc. 2nd Int. Conf. on Fuzzy Logic and Neural Networks "IIZUKA-92"*. – Iizuka, Japan, 1992. – P. 477–483.
7. Bodyanskiy Ye.V., Kulishova N.E. Extended neo-fuzzy neuron in the task of images filtering // *«Radio Electronics, Computer Science, Control»*. – №1(30). – Zaporizhzhia: ZNTU, 2014. – P. 112-119.

**БАГАТОКРОКОВЕ АДАПТИВНЕ САМОНАВЧАННЯ ЗА Д. ХЕББОМ - Е. ОЯ В АНАЛІЗІ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТІВ**

У багатьох задачах інтелектуального аналізу даних (Data Mining, Text Mining, Web Mining) виникає проблема стиснення (компресії) великих масивів, для вирішення якої широко використовується аналіз головних компонентів (РСА) [1, 2], який полягає в ортогональному проектуванні векторів вихідних даних  $\{x(1), x(2), \dots, x(k), \dots, x(N)\} \in R^n$  з вихідного  $n$ -вимірного простору в  $m$ -вимірний простір зниженої розмірності ( $m < n$ ), що зветься простором головних компонентів. З математичної точки зору метод зводиться до пошуку  $w_1, w_2, \dots, w_m$   $n$ -вимірних ортогональних власних векторів кореляційної матриці центрованих відносно середнього вхідних даних, при цьому вектор  $w_1 = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{1n})^T$  відповідає найбільшому значенню  $\lambda_1$  кореляційної матриці,  $w_2$  - другому за величиною власному найбільшому (домінантному) значенню  $\lambda_2$ , тощо. З формальної точки зору проблема зводиться до пошуку рішень матричного рівняння

$$(R(N) - \lambda_j I_m) w_j = \vec{0} \quad (1)$$

таких, що  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \geq 0$  при

$$\|w_j\| = 1.$$

Тут

$$R(N) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (x(k) - \bar{x}(N))(x(k) - \bar{x}(N))^T = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \tilde{x}(k) \tilde{x}^T(k) \quad (2)$$

$(n \times n)$  – кореляційна матриця даних.

Відомо, що проблема знаходження домінантного власного значення і власного вектора може бути вирішена шляхом оптимізації глобального критерія

$$E^N = w^T R(N) w = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (w^T \tilde{x}(k))^2$$

за обмежень

$$w^T w = 1.$$

Вводячи у розгляд функцію Лагранжа і вирішуючи систему рівнянь Каруша - Куна - Таккера приходимо до виразів

$$\begin{cases} \lambda = w^T R(N) w, \\ (R(N) - \lambda I_m) w = \vec{0}, \end{cases} \quad (3)$$

при цьому, порівнюючи друге співвідношення (3) з (1), можна зробити висновок, що невизначений множник Лагранжа має сенс власного значення  $\lambda_1$  в (1).

Оскільки (3) не має аналітичного рішення, для знаходження сідлової точки лагранжіана можна скористатися, процедурою Ерроу - Гурвіца [3, 4]. Враховуючи це, можна ввести багатокрокове правило Хебба - Оя у вигляді

$$w_1(\tau+1) = w_1(\tau) + \eta_w(\tau)(R(N) - w_1^T(\tau)R(N)w_1(\tau)I_m)w_1(\tau). \quad (4)$$

У нестационарних ситуаціях нескладно реалізувати процедуру обчислень на ковзному вікні  $s$ . При цьому

$$\begin{aligned} \bar{x}(k+1, s) &= \frac{1}{s} \sum_{l=k-s+2}^{k+1} x(l) = \bar{x}(k, s) + \frac{1}{s}(x(k+1) - x(k-s+1)), \\ R(k+1, s) &= \frac{1}{s} \sum_{l=k-s+2}^{k+1} \tilde{x}(l)\tilde{x}^T(l) = R(k, s) + \frac{1}{s}(\tilde{x}(k+1)\tilde{x}^T(k+1) - \tilde{x}(k-s+1)\tilde{x}^T(k-s+1)), \\ w_1(k+1, \tau+1, s) &= w_1(k+1, \tau, s) + \eta_w(\tau)(R(k+1, s) - w_1^T(k+1, \tau, s) \times \\ &\quad \times R(k+1, s)w_1(k+1, \tau, s)I_m)w_1(k+1, \tau, s). \end{aligned} \quad (5)$$

При  $s=1$  правило (5) набуває вигляду

$$\begin{aligned} w_1(k+1, \tau+1, 1) &= w_1(k+1, \tau, 1) + \eta_w(\tau)(\tilde{x}(k+1)\tilde{x}^T(k+1) - w_1^T(k+1, \tau, 1) \times \\ &\quad \times \tilde{x}(k+1)\tilde{x}^T(k+1)w_1(k+1, \tau, 1)I_m)w_1(k+1, \tau, 1), \end{aligned}$$

що співпадає із стандартним правилом Хебба – Оя.

Таким чином, запропоновано багатокрокове правило самонавчання адаптивного лінійного асоціатора, призначене для знаходження в on-line режимі власних значень і векторів кореляційних матриць даних, які послідовно надходять на обробку. Правило є узагальненням алгоритмів Д. Хебба і Е. Оя, використовуваних для навчання нейронних мереж, що реалізують метод головних компонентів.

### Литература

1. Оја Е. A simplified neuron model as a principal component analyzer / Оја Е // J. of Math. Biology. – 1982. – 15. – Р. 267-273.
2. Оја Е. Principal components, minor components, and liner neural networks / Оја Е. // Neural Networks. – 1992. – 5. – Р.927-935.
3. Бодянский Е.В. Оптимальный алгоритм обучения нейрона Оя / Бодянский Е.В., Плисс И.П., Тесленко Н.А. // Теорія прийняття рішень: III Міжнародна школа-семинар: тези допов. – Ужгород, 2006. - С.10-11.
4. Бодянский Е.В. Модифицированный нейрон Оя для анализа нестационарных данных / Бодянский Е.В., Плисс И.П., Тесленко Н.А. // Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Севастополь, 2006. – С.18-21.
5. Бодянский Е.В. Эволюционная каскадная нейронная сеть для последовательного анализа главных компонент и алгоритм ее обучения / Бодянский Е.В., Дейнеко А.А., Тесленко Н.А., Шаламов М.А. // Системні технології. – Вип. 1(72) – Т. 2. – Дніпропетровськ, 2011 – С. 140-147.

**Брицкий С.В**

Кафедра информационно-коммуникационных технологий ОНАПТ,  
ул. Дворянская, 1/3, Одесса, 65082  
E-mail: [wariormagistr@gmail.com](mailto:wariormagistr@gmail.com)

**МЕТОД ВЫБОРА АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ ДЛЯ WEB ПРИЛОЖЕНИЙ**

В настоящее время наблюдается рост объемов передаваемой информации, как в публичных, так и в конфиденциальных каналах. Благодаря обычным телефонным каналам осуществляется взаимодействие между банками, брокерскими конторами и биржами, удаленными филиалами организаций, проводятся торги ценными бумагами. Проблема защиты передаваемой информации становится все более актуальной. Безопасность цепи зависит от самого слабого звена: чем оно надежнее, тем цепь прочнее. В хорошей криптосистеме должны быть досконально проверены алгоритм, протокол, ключи и остальные составляющие. Если выбран стойкий алгоритм, а генератор, приводящий его в действие, имеет уязвимости, то такая система не обеспечит должной защиты. С помощью шифрования обеспечиваются три состояния безопасности информации [1]:

1. Конфиденциальность. Шифрование используется для скрывает информации от неавторизованных пользователей при передаче или хранении.
2. Целостность. Шифрование используется для предотвращения изменения информации при передаче или хранении.
3. Идентифицируемость. Шифрование используется для аутентификации источника информации и предотвращения отказа отправителя информации от того факта, что данные были отправлены именно им.[2, 3]

В данной работе рассмотрены только преобразование по детерминированному алгоритму входного массива данных произвольной длины в выходную битовую строку фиксированной длины. Такие преобразования называются хеш-функциями или функциями свёртки, а их результаты называют хешем. Хеши используются в web-пространстве для хранения паролей или данных сессий. Задача выбора состоит в том, чтобы определить такой алгоритм шифрования который будет предоставлять нужную криптостойкость при этом сохранив должную производительность на предполагаемом оборудовании.



Рис 1. «Принцип асимметричных методов шифрования»

Выбор криптографического алгоритма зависит не только от особенностей передаваемой информации (объема, ценности, скорости передачи и т. д.), но и от возможностей стороны защищающей ее. Эти два фактора существенным образом влияют на выбор криптографического алгоритма и организацию защиты данных. Проанализировав большое количество известных алгоритмов можно прийти к выводу, что каждый из симметричных и асимметричных алгоритмов шифрования имеет свои преимущества и недостатки. Поэтому при выборе того или иного алгоритма шифрования или их сочетания, необходимо учитывать в какой ситуации, какой из алгоритмов работает лучше.[4]

Рассмотрим основные критерии выбора алгоритмов шифрования для решения поставленной задачи:

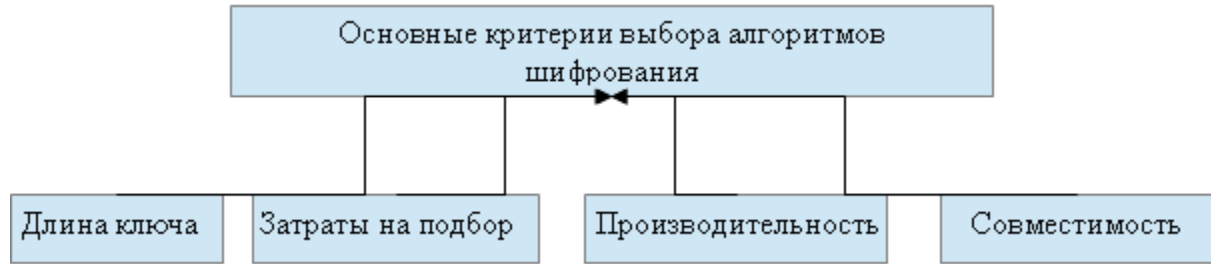


Рис 2. «Основные критерии выбора алгоритмов шифрования»

Наиболее известные алгоритмы получения хэш-образов сообщений – MD5 [6], SHA, RIPE-MD, ГОСТ Р 34.11–94 [4], TIGER, HAVAL[5]. Каждый из алгоритмов имеет свои параметры, на которые следует ориентироваться при выборе. В большинстве случаев администраторы и программисты используют алгоритм MD5. Если проанализировать его по предложенным критериям получим следующие данные представленные в таблице 1.

Таблица 1

Оценка алгоритма MD5 по предложенным критериям

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Длина ключа, бит              | 32  |
| Затраты на подбор ключа, MIPS | Равно вычислительной мощности оборудования (MIPS) |
| Производительность            | 87 Мбит/с   |
| Совместимость                 | Поддерживается в Linux, Windows, OS X             |

Используя предложенный подход, задача выбора сводится к сравнению вычислительных возможностей оборудования и выбору соответствующего алгоритма удовлетворяющего предполагаемые требования. В некоторых случаях необходимо проверить наличие математических коллизий в алгоритме для определения возможности использования пары исходных строк которые дают один хеш-код. В таком случае таблица для приведенных выше алгоритмов будет иметь следующий вид:

Таблица 2

Оценка алгоритмов хеширования на математическую коллизию

| Алгоритм  | Размер хэша | Циклов | Математическая коллизия |
|-----------|-------------|--------|-------------------------|
| GOST R    | 256         | 256    | 2105                    |
| MD5       | 128         | 64     | 2 20.96                 |
| RIPEMD160 | 160         | 80     | 2 51:48                 |
| SHA1      | 160         | 80     | 2 51                    |
| SHA2-256  | 256         | 64     | 2 28.5:24               |
| SHA2-512  | 512         | 80     | 2 32.5:24               |
| Tiger-192 | 192         | 24     | 2 62:19                 |

### Литература

1. Shannon C.E. Communication Theory of Secrecy Systems // Bell Systems Technical Journal. – 28, 1949. – P. 656-715.
2. Federal Information Processing Standards Publication 46-2. Data Encryption
3. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Защита криптографическая.
4. Алгоритм криптографического преобразования.
5. [RFC1810] Touch, J., "Report on MD5 Performance", RFC 1810, June 1995.
6. [RFC2385] Heffernan, A., "Protection of BGP Sessions via the TCP MD5 Signature Option", RFC 2385 August 1998
7. [RFC2633] Ramsdell, B., "S/MIME Version 3 Message Specification".

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ФІНАНСОВИХ РИЗИКІВ НА СТАБІЛЬНІСТЬ БЮДЖЕТУ

Поняття ризику історично пов'язане із суспільним розвитком. При формуванні товарно-грошових відносин ризик стає економічною категорією, яка розповсюджується на всі рівні господарювання і має суттєве значення в питаннях економіки та фінансів. Ризиком почали управляти, тобто прогнозувати розвиток ризикових подій і застосовувати заходи щодо зменшення втрат. Економічна теорія довгий час ігнорувала проблему ризику. Неокласична теорія ХХ ст. досліджувала проблему розміщення ресурсів у ринковій економіці без урахування фактора ризику. Ризик як важливий елемент прийняття економічних рішень було визнано в економічній науці лише в 40-х роках ХХ ст. після виходу книги Дж. Фон. Неймана і О. Моргенштерна “Теорія ігор і економічна поведінка”, у якій вперше було досліджено проблему максимізації корисності індивідуума і прибутку з урахуванням фактора ризику [3].

Сьогодні проблема ризику в різних сферах економіки посідає одне із чільних місць. Теорія фінансів і практика виокремлює такі економічні ризики: макроекономічні, мікроекономічні, фінансові, політичні. Макроекономічні ризики пов'язані зі змінами в часі або макроекономічними показниками, наприклад, ризик вкладення капіталу в країну із високою політичною або економічною нестабільністю. Мікроекономічні ризики пов'язані з капіталовкладеннями в окремі види економічної діяльності, окремі виробництва, проекти. Супроводження фінансової діяльності суб'єкта господарювання становлять ризики, що входять в особливу групу – фінансові ризики, які характеризуються ймовірністю виникнення несприятливих фінансових наслідків у формі втрати доходів, капіталу чи ліквідності. Фінансові ризики виникають у зв'язку з рухом фінансових потоків і проявляються в основному на ринках фінансових ресурсів.

Фінансовий ризик – це також ризик того, що суб'єкт господарювання, який залучив фінансові ресурси, виявиться неспроможним вчасно погасити зобов'язання, строк сплати яких настав, у результаті чого він може виявитися банкрутом. Першопричина виникнення фінансових ризиків знаходиться у площині структури капіталу, оскільки вони зумовлені нерациональним співвідношенням власних і позикових коштів. Більша частина позикових коштів у капіталі підприємства нерідко знижує їх ефективність [3].

Система фінансових ризиків включає значну кількість ризиків, що пов'язані зі здійсненням фінансової діяльності, а саме: кредитний, банківський, бюджетний, страховий, ризик ліквідності, податковий, інфляційний тощо. У вітчизняній економічній літературі здебільшого розглядають фінансові ризики на мікрорівні, на рівні окремих підприємств. Однак державні бюджети слід розглядати як суб'єкти господарювання. У наш час все більшої актуальності набувають фінансові ризики на державному рівні, а особливо бюджетні ризики. Ризик, що пов'язаний із бюджетом держави, розглядається як ймовірність виникнення дефіциту при формуванні та витрачання фонду грошових коштів, що передбачені для фінансового забезпечення завдань і функцій держави та місцевого самоврядування [3].

У наш час все більшої актуальності набувають фінансові ризики на державному рівні, а особливо бюджетні ризики. Ризик, що пов'язаний із бюджетом держави, розглядається як ймовірність виникнення дефіциту при формуванні та витрачання фонду грошових коштів, що передбачені для фінансового забезпечення завдань і функцій держави та місцевого самоврядування. Сьогодні практично невивченими залишаються питання впливу невизначеності на бюджетний процес. В економічній науці й у бюджетному законодавстві офіційно не існує поняття бюджетного ризику, не здійснюється його оцінка, а тільки проводиться соціально-економічний і фінансовий аналіз, не розроблена класифікація бюджетних ризиків. Управління бюджетними ризиками доцільно розглядати як невід'ємну частину процесу управління бюджетним процесом. Отже, бюджетний ризик визначається як можливість виникнення у бюджетному процесі несприятливих ситуацій і наслідків, як ймовірність відхилення фактично виконаних показників бюджетних доходів і видатків від запланованих [2].

Як уже зазначалося, бюджетні ризики можуть виникати на різних стадіях бюджетного процесу і бути обумовлені результатами діяльності його учасників. Можна погодитися з Х.Гріценко, яка пропонує розглядати насамперед внутрішні фінансові ризики держави, що виникають у наслідок неефективних управлінських рішень і здатні призвести до розбалансування державного бюджету [2]. Вплив ризиків, що виникають на різних стадіях бюджетного процесу, призводить до порушень щодо виконання показників бюджетного дефіциту, доходів, видатків, боргових зобов'язань. Сьогодні, в умовах фінансової нестабільності, планування доходів бюджету можна класифікувати як ризикове. Справа в тому, що доходи бюджету в момент їх здійснення можуть суттєво різнитися від планових значень. Потік надходжень не може бути спланований точно, оскільки відсутня повна визначеність відносно майбутнього [1].

Бюджетний ризик може виникнути й у частині видатків бюджету, що пов'язано зі збільшенням видатків на оплату комунальних послуг бюджетними установами у зв'язку зі зростанням цін на енергоносії, підвищенням заробітної плати і прожиткового мінімуму тощо, а також ризиком, що пов'язаний із невідповідністю між зобов'язаннями за видами місцевих бюджетів і джерелами фінансування; ризиком нормативної неврегульованості забезпечення видатків на соціальні потреби; ризиком диспропорції співвідношення обсягів першого і другого кошика доходів бюджетів; ризиком недоотримання коштів у бюджет, тобто ризиком недофінансування; ризиком збільшення боргового навантаження на економіку; ризиком необґрунтованого зростання цін, особливо в монополізованих секторах.

На етапі планування та складання бюджету, а також визначення основних бюджетних показників має здійснюватися із застосуванням процедур ризик-менеджменту, тобто з урахуванням можливого впливу несприятливих факторів як зовнішнього, так і внутрішнього характеру.

На етапі формування і затвердження бюджету при зборі інформації про соціально-економічний розвиток держави, погодженні всіх програм перспективного фінансового планування результативність бюджетного планування залежить від рівня організації планово-прогнозних процедур, їх методичної бази й аналітичного інструментарію, змін бюджетного законодавства, відповідальності і кваліфікації працівників фінансових органів, що беруть участь у розробці бюджету, а також від загальної соціально-економічної ситуації.

На етапі формування бюджету необхідно враховувати ризик втрати доходів і ризик збільшення видаткової частини бюджету. Оцінка ризику на цьому етапі має містити: оцінку ймовірного виконання бюджету в цілому; оцінку виконання бюджету з урахуванням ризику за окремими видами доходів і статтями видатків; вартісну оцінку можливих втрат від недоотримання запланованих доходів і перевищення статей витрат при виконанні бюджету.

На етапі виконання бюджету для забезпечення максимально наближених результатів за доходами і видатками бюджету до планових показників важливо здійснювати оперативний моніторинг, який полягає в безперервному здійсненні контролю за показниками бюджету; повному охопленні зонами контролю та моніторингу всіх напрямів діяльності держави; колегіальності прийняття рішень [1].

Підсумовуючи вищезазначене, можна сказати, що введення до складу бюджетного планування оцінювання та оптимізації бюджетних ризиків дозволить підвищити не лише якість прогнозів державного бюджету, а й оперативність діяльності органів фінансового планування та ефективність фінансового контролю на всіх рівнях бюджетної системи.

### Література

1. Вишнівська Б. Методи мінімізації фінансових ризиків / Б. Вишнівська Економіст. – 2008. – № 6.
2. Гріценко Х. Управління фінансовими ризиками держави / Х. Гріценко. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.viche.info/Iournal/921>
3. Романенко О. Р. Фінанси : підручник / О. Р. Романенко. – К. : Центр навчальної літератури, 2009. – 312 с



## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ТІНЬОВОЇ ТА ЛЕГАЛЬНОЇ ЕКОНОМІК**

Математичне моделювання має широкий спектр сфер застосування, а потужність та універсальність математичних моделей останніми роками посилені обчислювальними можливостями сучасних комп'ютерів. Тенденція до зростання областей застосування математичних моделей буде продовжуватись, оскільки результати такого моделювання у ефективний і економічний спосіб дають можливість зрозуміти, проаналізувати і спроектувати процеси.

За умов недостовірності та спотворення інформації, спричиненої існуванням тіньової економіки, одним з можливих варіантів вирішення проблеми прийняття рішень може стати побудова моделей взаємодії тіньової та легальної економік. Розроблені економіко-математичні моделі описують складний процес взаємодії тіньової та легальної економік та включають значну кількість факторів впливу [1]. Знаходження аналітичних розв'язків для таких моделей є трудомістким процесом і не дозволяє належним чином оцінити вплив кожного з параметрів моделі, що ускладнює процес прийняття рішень. Вирішити проблему прийняття рішення для побудованих математичних моделей взаємодії тіньової та легальної економік можна за допомогою проектування системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Для вирішення проблеми прийняття рішення для побудованих моделей тіньової економіки розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення за допомогою MatLab. Інтерфейс реалізовано засобами Visual Studio 2012. Розроблене програмне забезпечення дозволяє знаходити розв'язки моделей, проводити імітаційні експерименти з моделями, змінюючи керуючі параметри. Особа, що приймає рішення, має можливість визначити вплив кожного з керуючих параметрів на загальний стан системи взаємодії тіньової та легальної економік. Розроблена система підтримки прийняття рішень є цілісним комп'ютерно-інформаційним інструментарієм для економіко-математичного моделювання тіньової економіки [2].

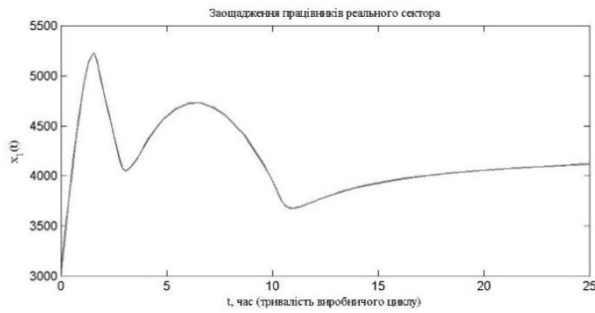
Ядром інформаційної системи моделювання взаємодії тіньової та легальної економік є інструментарій MATLAB. Графічний інтерфейс користувача інформаційної системи побудований у вигляді багатовіконного інтерфейсу, що забезпечує можливість роботи з окремими підзадачами. Для забезпечення програмної взаємодії ядра інформаційної системи з графічним інтерфейсом створено бібліотеку ShadowEconomy.dll, яка включає математичний інструментарій та числові методи для розв'язування математичних моделей взаємодії тіньової та легальної економік.

Результати імітаційних експериментів з моделлю взаємодії легальної та тіньової економік наближено описують процеси, що відбуваються в економіці, яка має значну частку тіньового сектору економіки [1].

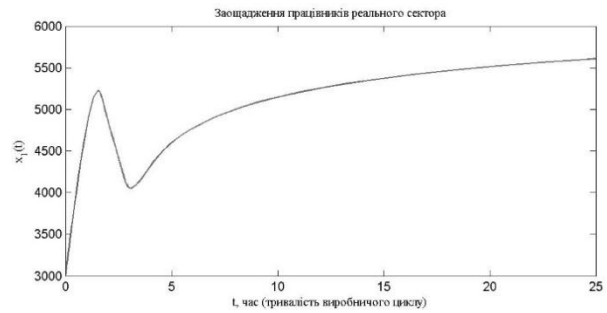
Проведемо порівняльний аналіз результатів імітаційного моделювання динаміки заощаджень учасників економіки у двох випадках:

- а) держава проводить активну боротьбу з тіньовою економікою, збільшуючи ризик відповідальності за ведення нелегального бізнесу;
- б) держава своєю політикою (або бездіяльністю) стимулює розвиток тіньової економіки.

На рис. 1-а) та 1-б) зображено динаміку заощаджень працівників реального сектора економіки. Результати експериментів показують, що ця динаміка повністю залежить від ціни на агрегований продукт. В умовах існування тіньової економіки рівень заощаджень працівників реального сектору має тільки одну точку перегину, а далі зростає до горизонтальної асимптоти. Тіньова зарплата зазвичай вища, ніж легальна, за рахунок менших податків у тіньовій сфері, тому заощадження за умови зростання тіньового сектору теж будуть зростати.



а)

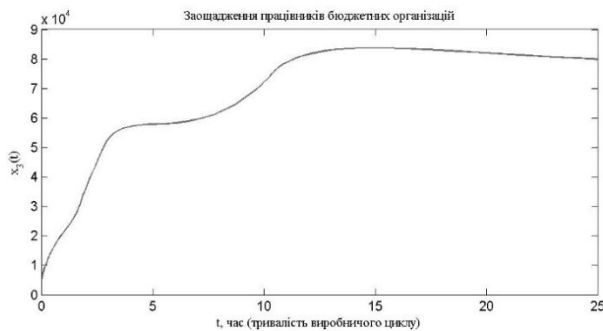


б)

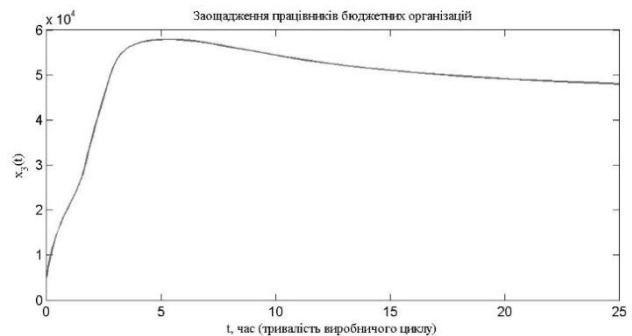
Рис. 1. Динаміка заощаджень працівників реального сектора

Графіки розв'язків моделі [1], що імітують заощадження працівників бюджетних організацій (рис. 2-а, 2-б) відображають характерний перегин в області зростання, який пов'язаний із виникненням попиту на товари другої категорії середнього рівня якості. Перегин в області спадання виникає внаслідок зміни ціни на агрегований продукт.

Загальна ж тенденція зміни заощаджень працівників, що працюють у державному секторі, полягає в коливному збільшенні до локального максимуму з подальшим зменшенням заощаджень до сталої асимптоти.



а)



б)

Рис. 2. Динаміка заощаджень працівників бюджетних організацій

В умовах тінізації спостерігається значніше спадання рівня заощаджень всіх груп населення, пов'язаних з державним сектором. Даний факт спростовує міф про те, що розвиток тіньової економіки вигідний працівникам бюджетних організацій та сприяє їхньому добробуту. Така динаміка спостерігається тільки в короткостроковій перспективі. Тому можна стверджувати, що активна політика держави щодо детінізації економіки сприятиме покращенню добробуту груп населення зі сталими доходами. Експериментальні дослідження моделі взаємодії тіньової та легальної економік підтверджують висновки про високу ефективність системи як підтримки прийняття рішень та засобу дослідження макроекономічних закономірностей.

### Література

1. Вінничук І. С. Модель взаємодії легальної та тіньової економік з розширеною економічною структурою суспільства / І. С. Вінничук // Інноваційна економіка : Всеукраїнський науково-виробничий журнал. – Тернопіль. – № 12 (38).– 2012. – С. 54–58.
2. Григорків В. С. Проектування системи підтримки прийняття рішень для моделей взаємодії легальної та тіньової економік / В. С. Григорків, І. С. Вінничук // Матеріали III Міжнародної науково-методичної конференції [«Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці»], (Чернівці, 14-17 травня 2013 р.). – Чернівці : ДрукАрт, 2013. – С. 85-86.

**ДЕЯКІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОНОМІКИ ЗНАНЬ**

Економічне зростання дедалі більше залежить від здатності отримувати нові знання і застосовувати їх в усіх сферах життя. Використання знань та інновацій в якості ключового фактора економічного зростання призводить до створення економіки, заснованої на знаннях (ЕЗЗ). ЕЗЗ ґрунтується на виробництві, розподілі та використанні знань та інновацій, є одним із основних чинників економічного зростання, створення економічних благ і зайнятості в усіх галузях промисловості. На сьогодні розроблено багато узагальнюючих показників для вимірювання конкурентоспроможності в області економіки знань, проте відсутність узагальнюючого аналізу показників обмежує переваги цих показників для осіб, що приймають рішення. У цій роботі запропоновано підхід до прогнозування конкурентоспроможності економіки, заснованої на знаннях (ЕЗЗ) на основі існуючих показників оцінки ЕЗЗ.

Значна кількість агрегованих показників розроблена міжнародними організаціями, включаючи Світовий банк (WB), Всесвітній економічний форум (WEF), Організацію Об'єднаних Націй (UN), Міжнародний інститут розвитку менеджменту (IMD) та Міжнародний Телекомунікаційний Союз (ITU). Ці показники часто використовуються різноманітними організаціями та державними установами для оцінки конкурентоспроможності держави в контексті ЕЗЗ [1]. Однак, ці показники дають різні оцінки і ранжування залежно від їх характеру і типу. Більш того, більшість з цих показників розглядають тільки результати діяльності у минулому і не забезпечують прогнозування рейтингу країн у майбутньому.

Для досягнення поставленої мети було обрано такі показники: 1) ICT Development Index (IDI) – Індекс розвитку інформаційно-телекомунікаційних технологій, розроблений Міжнародним Телекомунікаційним Союзом [1]; 2) Knowledge Economy Index (KEI) – Індекс економіки знань, розроблений Світовим Банком [2]; 3) INSEAD Global Innovation Index (GII) – Глобальний індекс інновацій, розроблений міжнародною бізнес-школою INSEAD [3]; 4) Global Competitiveness Index (GCI) – Глобальний індекс конкурентоспроможності, розроблений Всесвітнім економічним форумом [4].

На наступному етапі проведено аналіз взаємозв'язку даних показників. Враховуючи те, що різні показники мають різну розмірність було проведено нормалізацію даних. Для прогнозування динаміки зміни показників було використано лінійний регресійний аналіз, технологію панельних даних, апарат нечіткої логіки та штучних нейронних мереж.

Використання різних методів прогнозування та аналіз їх результатів показав, що найкращим інструментом для прогнозування виявились штучні нейронні мережі, які забезпечили найменшу похибку. Зведення різноманітних індексів до агрегованого показника дозволяє врахувати особливості кожного з них та спростити аналіз і прогнозування розвитку економіки знань.

**Література**

1. OECD (1996). The Knowledge-Based Economy. Paris. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.itu.int/en/ITU-http://www.oecd.org/sti/sci-tech/1913021.pdf>.
2. Measuring the Information Society [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013\\_without\\_Annex\\_4.pdf](http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013_without_Annex_4.pdf)
3. KEI and KI Indexes [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM\\_page5.asp](http://info.worldbank.org/etools/kam2/KAM_page5.asp)
4. Data Analysis.The Global Innovation Index 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.globalinnovationindex.org/content.aspx?page=data-analysis>.
5. The Global Competitiveness Index 2013–2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www3.weforum.org/docs/GCR2013-14/GCR\\_Rankings\\_2013-14.pdf](http://www3.weforum.org/docs/GCR2013-14/GCR_Rankings_2013-14.pdf)

Возна Н.Я.<sup>1</sup>, Заведюк Т.М.<sup>2</sup>, Николайчук Я.М.<sup>1</sup>, Островка І.І.<sup>3</sup>, Сабадаш І.І.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний економічний університет, [nvozna@ukr.net](mailto:nvozna@ukr.net)

<sup>2</sup>Буцацький інститут менеджменту та аудиту, [tani\\_@inbox.ru](mailto:tani_@inbox.ru)

<sup>3</sup>Національний університет «Львівська політехніка»

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТРУКТУРИЗОВАНИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОГО КВАДРАТИЧНО-ІМПУЛЬСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ

Актуальною задачею при створенні сучасних інформаційних систем контролю технологічних параметрів та створенні приладів контролю якості є розробка теоретичних засад кореляційного опрацювання гармонічних сигналів, які описують технологічні параметри об'єктів. Особливо важливою задачею розпізнавання гармонічних сигналів є ідентифікація їх спотворень у високовольтних енергетичних системах при виникненні коротких замикань, що приводить до зміни їх кореляційних та спектральних характеристик. Успішне рішення такої задачі може бути досягнуто на основі квадратично-імпульсного перетворення спецпроцесорами з нейрокомпонентами [1].

На вході нейрона гармонічний синусоїдальний сигнал на рівні збуджувальних і заторможуючих входів трансформується у квадратичний простір. На рис.1 показана структура кореляційного спецпроцесора на основі моделі рекурентного нейрона, яка є найбільш адекватною для формалізації і моделювання біологічного нейрона. Представлена структура призначена для розпізнавання гармонічних сигналів, де  $x(t)$  – вхідний сигнал;  $\alpha_1, \alpha_2, \dots$  - вагові коефіцієнти;  $Z(t)$  – вихідний сигнал;  $\Phi$  – пристрій формування імпульсів;  $a, b, \dots, h$  – моменти часу формування імпульсів,  $Z_i$  - функція реакції нейрона на вхідний сигнал  $x_i$ ,  $\alpha_i$  - ваговий коефіцієнт,  $p$  – порогове значення,  $H_i$  - вихідний сигнал.

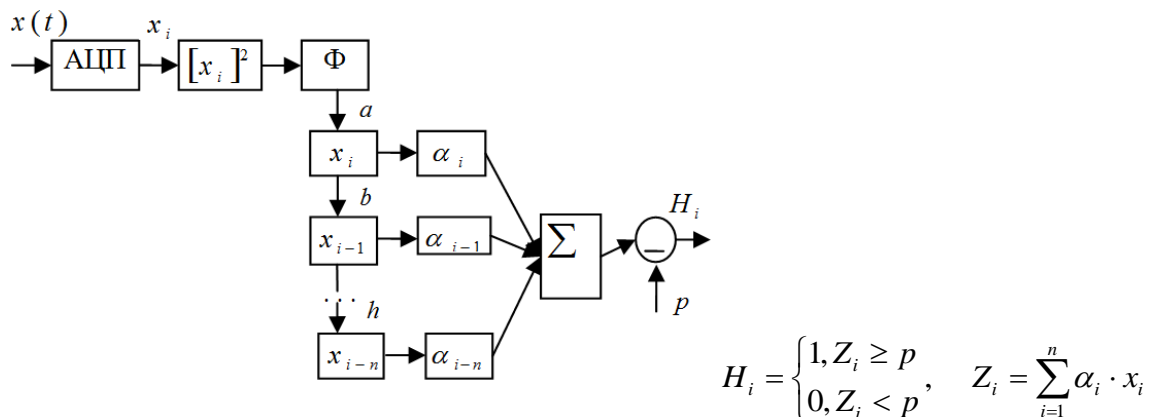


Рис.1 Структура кореляційного нейропроцесора.

В результаті опрацювання імпульсного потоку сигналів, який формується на виході формувача імпульсів процесором зі структурою рекурентного нейрона (рис.1) отримується сигнальний імпульсний код з особливими кореляційними властивостями, які наближаються до шумоподібних сигналів та кодів Баркера.

Виходячи з умови задачі ідентифікації спотворень гармонічного сигналу, її вирішення виконуємо в дискретному просторі Хеммінга наступним чином [2]:

$$H(t) = |S_1(t)| - |S_0(t)|.$$

На основі розрахунку інтегральних алгоритмів можна записати:

$$S_1(t) = \int_j^{\frac{\pi}{2}+j} S(t) dt; \quad S_0(t) = \int_{\frac{\pi}{2}+j}^{\pi+j} S(t) dt \quad \text{де } j = n \cdot \frac{\pi}{2}, n=0, 1, 2, \dots$$

$$\text{Звідси } H(t) = |S_1(t)| - |S_0(t)| = \left| \int_j^{\frac{\pi+j}{2}} S(t) dt \right| - \left| \int_{\frac{\pi}{2}+j}^{\pi+j} S(t) dt \right|.$$

Також дане рівняння можна представити з використанням сум Дарбу.

$$\text{Тобто } S_1(t) = \Delta t \cdot \sum_{i=j}^{\frac{\pi+j}{2}} S_i(\Delta t), \text{ де } \Delta t = \frac{\pi}{2}.$$

Отже, шукане рівняння  $H(t) = |S_1(t)| - |S_0(t)|$  набуде вигляду:

$$H(t) = \Delta t \cdot \left| \sum_{i=j}^{\frac{\pi+j}{2}} S_i(\Delta t) \right| - \Delta t \cdot \left| \sum_{k=\frac{\pi}{2}+j}^{\pi+j} S_k(\Delta t) \right| = \Delta t \cdot \left( \left| \sum_{i=j}^{\frac{\pi+j}{2}} S_i(\Delta t) \right| - \left| \sum_{k=\frac{\pi}{2}+j}^{\pi+j} S_k(\Delta t) \right| \right).$$

Якщо значення знайдених рівностей дорівнюють нулю, то процеси, які відбуваються в системі, є стабільними.

Коли ж  $H(t) > 0$ , тоді відбуваються певні нерівноважні процеси, що вказує на виникнення передаварійних станів у системі.

Таким чином на основі запропонованого модульно-різницевого методу факт виникнення збурення в електромережі буде зареєстрований на інтервалі часу  $t_0 + \frac{\pi}{2}$  або навіть на інтервалі  $t_0 + \frac{\pi}{4}$ .

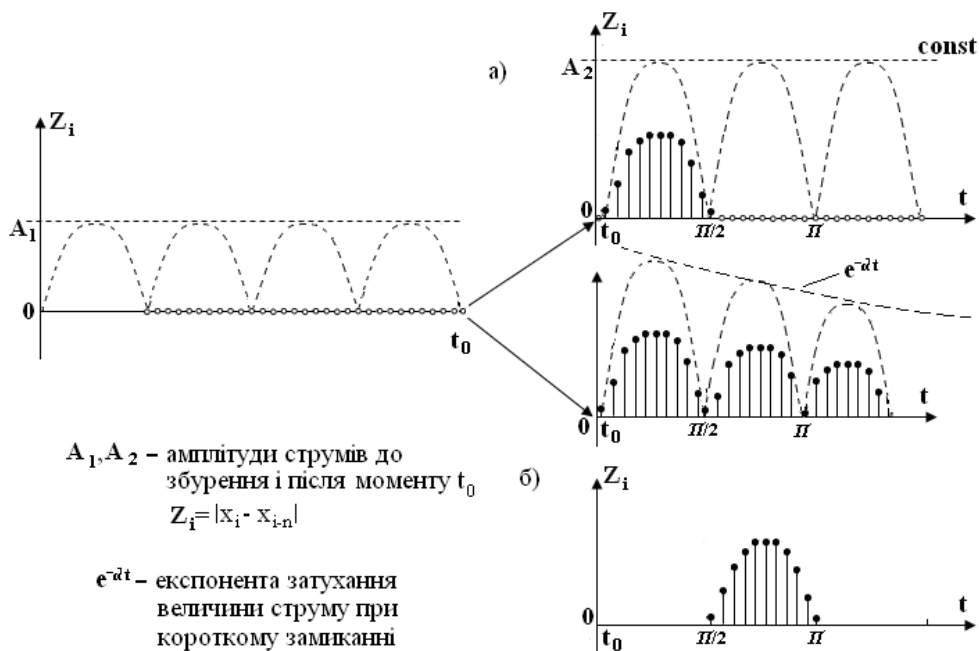


Рис.2. Часова продукційна модель виявлення, розпізнавання та ідентифікації збурень в електромережах типу накиду та короткого замикання.

Як видно з рис.2. при виникненні короткого замикання згідно розробленого методу, його можна ідентифікувати на інтервалі часу  $t_0 + \frac{\pi}{4} < t_0 + \frac{\pi}{2} < t_0 + \pi$ . Тобто на інтервалі чверть або півперіода після реєстрації збурення в електромережі.

### Література

1. Пристрій формування імпульсів. Патент №100263 від 10.12.2012. Николайчук Я.М., Заведюк Т.О. МПК H03K5/153. Заявка № a201013543 від 15.11.2010.
2. Nykolaichuk Ya.M., Vozna N.Ya, Pitukh I.R. Structuring the movement of data in computer systems. Ternopil: Terno-graf, 2013. - 284 p.

**М.А. Вороненко, Г.С. Абрамов**  
Херсонский национальный технический университет,  
73008 г. Херсон, Бериславское шоссе,24  
e-mail: [mary\\_voronenko@i.ua](mailto:mary_voronenko@i.ua) (+38 050 87 88 992)

## **СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ В РЕГИОНЕ**

**Введение.** В последние годы общественность все более обеспокоена такими опасностями как СПИД, туберкулез, птичий грипп и др. В задачи обеспечения нормальной жизнедеятельности региона входит защита его населения от различного рода эпидемий, в том числе и инфекционного характера [1,2]. Требуется разработка моделей функционирования региона в условиях эпидемических ситуаций и алгоритмов эффективного управления региональными ресурсами.

**Целью данной работы** является создание модели таких процессов, пригодной для дальнейшего применения методов ситуационного управления.

**Изложение основных результатов.** Причиной чрезвычайной ситуации (ЧС), характерной для регионов Украины, зачастую является эпидемия инфекционных заболеваний.

Ниже приведены характерные признаки ЧС, обусловленной эпидемией [3]:

- имеется риск заноса и распространения болезни среди населения;
- есть основания ожидать появления «большого» числа случаев;
- заболевание характеризуется такой степенью тяжести, которая ведет к тяжелым нарушениям здоровья или смерти;
- с болезнью связан риск социального и/или экономического урона;
- национальные органы не могут полностью справиться с ЧС из-за отсутствия или недостатка: технического или специально подготовленного персонала; необходимых ресурсов или оборудования (лекарственные средства, вакцины, лабораторно-диагностические материалы, средств борьбы с переносчиками и др.)
- существование опасности передачи инфекции в международном масштабе.

В 2004 году в Украине ОРВИ переболело более 9 млн. чел., в Херсонской области – 175 тыс. чел. За последние 5 лет (период с 2000 по 2004 год) в Херсонской области от инфекционных заболеваний умерло 92 чел [3].

Состояние населения во время эпидемии определяется внутренними и внешними факторами. К внутренним факторам относится способность людей противодействовать неблагоприятной среде, которая зависит обученности и готовности к действиям в условиях эпидемии. К внешним факторам относятся защитные мероприятия и обеззараживающие, либо карантинные воздействия, направленные извне. Состояние населения оценивается уровнем санитарных потерь: безвозвратных, тяжелых, средних и легких. Развитие эпидемии состоит из периодов – угрожаемого, кризисного, послекризисного.

Исходная неопределенность и вариантность указанных характеристик уменьшаются с помощью сценарных описаний возможных альтернатив развития эпидемии, для разработки которых привлекаются опытные эксперты, которые устанавливают ограниченное количество допустимых состояний региональных компонентов и их взаимосвязей. Формализованное описание процессов развития эпидемии основано на установлении системообразующих причинно-следственных связей между компонентами этих процессов. Поскольку эти каузальные связи приводят к изменению состояний и свойств взаимодействующих компонентов, используем для их определения событийный подход. Под событием будем понимать скачкообразное изменение свойств компонента, при котором он переходит в качественно новое состояние. Каждое событие происходит под действием взаимно обусловленных внешних и внутренних факторов. Внешние факторы проявляются в виде защитных мероприятий или поражающих воздействий, внутренние – в виде способности сопротивляться неблагоприятной среде или производить поражающие воздействия. Результаты взаимодействия внешних и внутренних факторов - это и есть последовательно-параллельные события, каждое из этих событий реализует определенную каузальную связь между

состоянием-причиной и одним из возможных состояний-следствий взаимодействующих компонентов.

При событийном подходе рассматриваемые процессы можно представить в общем виде  $\Sigma=(C,P)$ , где множеству вершин  $C$  соответствуют состояния компонентов, а множеству дуг  $P$  – события, происходящие при изменении этих состояний. Каждый компонент в любом состоянии может порождать ряд альтернативных событий, определяющих возможные варианты новых состояний этого же или других компонентов. Составляющие компоненты образуют взаимную триаду  $C=\{V,X,Z\}$ , где  $V=U V_i$  – множество источников поражающих воздействий,  $X=U X_j$  – множество объектов поражения и защиты,  $Z=U Z_r$  – множество ресурсов защитных мероприятий. Изменение состояний указанных компонентов происходит под воздействием внешних и внутренних факторов  $P=\{U,R\}$ , где  $U$  – множество непересекающихся подмножеств поражающих воздействий  $W$  и защитных мероприятий  $M$ , а  $R$  – множество внутренних факторов поражения  $Q$  и защиты  $F$ . При этом факторы  $W$  и  $Q$  вызывают переходы компонентов в нежелательные состояния, а факторы  $M$  и  $F$  – в желательные состояния.

Посторонние модели  $\Sigma=(C,P)$  выполняется поэтапно в соответствии с выделенными периодами развития эпидемии. Вначале, с помощью опытных экспертов, изучается внутреннее строение и внешнее окружение заданного региона. Выявляются альтернативные источники  $V_i$  для каждого из которых разрабатываются наиболее тяжелые сценарии возможных проявлений поражающих воздействий, а также определяются потенциально уязвимые слои населения  $X_j$  и привлекаемые ресурсы  $Z_r$ . Показатель  $V_i^{n_1}$  характеризует способность источников  $i$  к распространению в начале угрожаемого периода. Показатели  $X_j^{n_1}$  и  $Z_r^{n_1}$  отражают состояние людей (возможные человеческие потери  $j$ ) и наличие необходимых ресурсов  $r$  соответственно. Таким образом, развитие ситуации во времени будет характеризоваться последовательностью следующих кортежей:

$(V_i^{n_1}, X_j^{n_1}, Z_r^{n_1})$  – кортеж показателей оценки исходных состояний в начале угрожаемого периода;

$(V_i^{k_1}, X_j^{k_1}, Z_r^{k_1})$  – кортеж показателей оценки ситуации в конце угрожаемого периода;

$(V_i^{n_2}, X_j^{n_2}, Z_r^{n_2})$  – кортеж показателей оценки ситуации в начале кризисного периода;

$(V_i^{k_2}, X_j^{k_2}, Z_r^{k_2})$  – кортеж показателей оценки ситуации в конце кризисного периода;

$(V_i^{n_3}, X_j^{n_3}, Z_r^{n_3})$  – кортеж показателей оценки ситуации в начале послекризисного периода;

$(V_i^{k_3}, X_j^{k_3}, Z_r^{k_3})$  – кортеж показателей оценки ситуации в конце послекризисного периода.

**Выводы:** Получена событийная модель развития эпидемии с учетом причинно-следственных связей между региональными компонентами. Решение таких задач включает использование методов ситуационного управления и новых информационных технологий.

### Литература

1. Кириллов О.М., Рогальский Ф.Б., Михайлик С.В., Вороненко М.О. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій мирного часу. - Херсон:ХНТУ, 2007. – 328 с.
2. Действия служб общественного здравоохранения в чрезвычайных ситуациях, вызванных эпидемиями. Практическое руководство, подготовлено П.Брес. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 1990г.
3. Отчет о санитарно-эпидемиологической обстановке в Херсонской области в // Государственная санитарно-эпидемиологическая служба Херсонской области, 2004г.

**ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ОПРАЦЮВАННЯ СИГНАЛІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ  
ОБЧИСЛЕННЯ ЕНТРОПІЇ**

На сучасному етапі розвитку теорії новітніх методів цифрового опрацювання сигналів та побудови на їх основі спецпроцесорів можуть бути перспективними з використанням ентропійного підходу. Даний підхід дозволяє врахувати крім статистики динаміку джерел інформації (ДІ). Тому ефективний розвиток теоретичних засад обчислення ентропії сигналів дозволить покращити характеристики завадостійкості, та наблизити характеристики ентропії маніпульованих сигналів до власної їх ентропії.

В роботах [1, 2] запропоновано та досліджено аналітичні вирази основних оцінок мір ентропії. Серед найвживаніших формула Р. Хартлі :

$$H = \log_2 S^n = n \cdot \log_2 S \quad (1)$$

де  $H$  – кількість інформації;  $S$  – число незалежних рівноймовірних станів ДІ в нашому випадку сигналу;  $n$  - число вибірки. Дана ентропія показує функцію логарифма числа можливих станів джерела інформації (ДІ).

Для кодування безперервних ДІ, А.Н. Колмогоровим [1] запропоновано формулу:

$$H_\varepsilon \leq T / \Delta t + \log(C / \varepsilon), \quad (2)$$

при  $\phi(t) = 2^{(T/\Delta t)}$ ,  $H_\varepsilon \leq \log(C / \varepsilon \cdot 2^{(T/\Delta t)})$ , де  $\Delta t$  – крок дискретизації, що забезпечує точність квантування  $\varepsilon$ ,  $C$  – діапазон квантування;  $T$  – інтервал часу спостереження ДІ

Оцінка ентропії по Хартлі характерна для рівноймовірних станів, але вона не враховує ймовірність перебування ДІ в даному стані. К. Шенноном введено оцінку ентропії, яка дозволяє розширити функціональні можливості [2] для ДІ з нерівноймовірними станами і визначається згідно виразу:

$$H = -k \sum_{i=1}^n p_i \log p_i, \quad (3)$$

де  $k$  – додатний коефіцієнт, який враховує основу логарифма;  $p_i$  – ймовірність  $S_i$ -го стану дискретного ДІ.

Досліджуючи оцінки інформації дискретних випадкових величин В.П. Боюном [1] запропоновано формулу  $\delta$ -ентропії

$$h_\delta = \left| f'_{\text{сеп}}(t) \right| / \left| f'_{\text{макс}}(t) \right|, \quad (3)$$

де  $f'_{\text{сеп}}(t)$ ,  $f'_{\text{макс}}(t)$  – відповідно середнє і максимальне значення похідних зміни кількості станів джерела.

Дана ентропія характеризує невизначеність стану випадкового процесу і його динаміку. Приведена  $\delta$ -ентропія не залежить від вибраних кванта по рівню і кроку дискретизації, а повністю визначається відношенням усередненої та максимальної похідної.

На відміну від оцінки ентропії по Шеннону (3), яка не враховує ймовірність переходу ДІ з одного стану в інший, оцінка ентропії, яка максимально наближується до власної ентропії ДІ, запропонована Я.М. Николаичуком:

$$I_x = n \cdot \hat{E} \left[ \frac{1}{2} \log_2 \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (D_x^2 - R_{xx}^2(j)) \right], \quad (4)$$



де  $\overset{\circ}{x}_i = x_i - M_x$  – центровані значення масиву даних;  $D_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - M_x)^2$  – дисперсія значень  $x_i$ ;  
 $M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$  – математичне сподівання;  $R_{xx}(j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \overset{\circ}{x}_i \cdot \overset{\circ}{x}_{i+j}$  – автокореляційна функція (АКФ);  $m$  – число точок функції  $R_{xx}(j)$  на інтервалі кореляції

На рис. 1,а наведено три випадкові процеси (а, б, в) з однаковими ймовірнісними характеристиками і різною динамікою станів. Та розрахована ентропія (рис. 1,б) для різних оцінок (2.1-2.5)

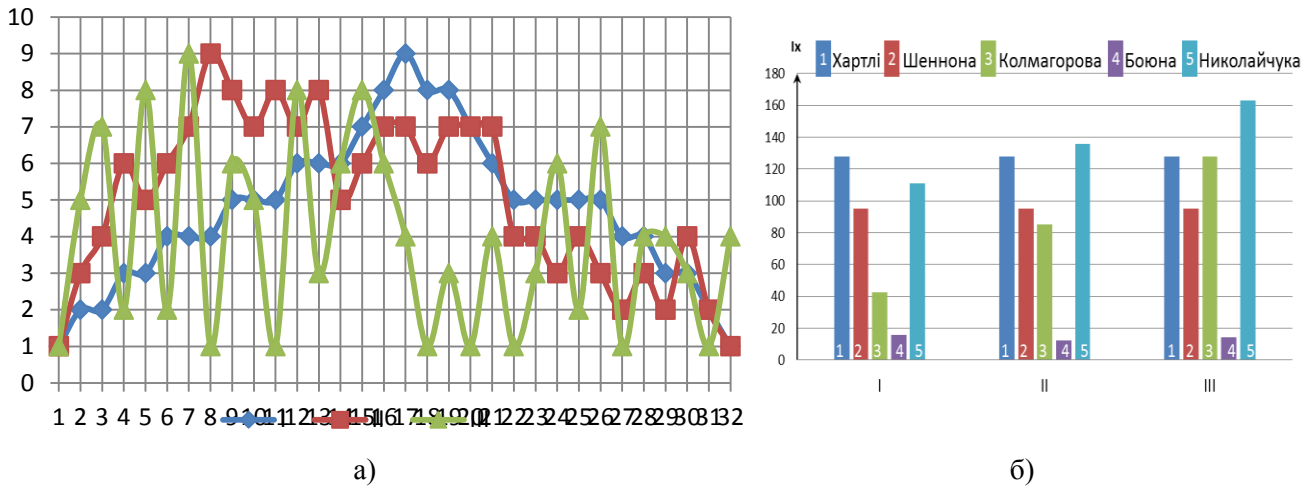


Рис. 1. Різні реалізації станів випадкового процесу з однаковими ймовірнісними характеристиками і різною динамікою станів (а), та характеристики зміни оцінок ентропії при зміні динаміки станів ДІ (б)

В результаті досліджень встановлено (рис. 1), переваги та функціональні обмеження найбільш широко вживаних відомих інформаційних оцінок мір ентропії. Встановлено, що кореляційна міра ентропії найбільш адекватно відображає характеристики станів ДІ, що обґрунтовує перспективу її ефективного застосування при розвитку ентропійного підходу до рішення задач оптимізації алгоритму опрацювання сигналів та вдосконалення програмно-апаратних засобів формування, передавання та цифрового опрацювання сигналів.

Автором запропонований метод формування та опрацювання сигналів [2], який здійснюється шляхом формування широкосмугових сигналів зі змінною автокореляційною ентропією. Дана оцінка ентропії крім розподілу ймовірностей станів враховує ймовірності переходів з одного стану в інший, що при малому співвідношенні сигнал/завада, дозволяє забезпечити покращення завадостійкості та енергетичної ефективності маніпульованих сигналів.

Формалізація запропонованого методу описується наступним функціоналом:

$$S(t)[I_N] = F_{5.1} \Rightarrow F_{5.2}(t), \quad (5)$$

де  $F_{5.1} = \{P_N(1), P_N(0), P_N(s)\}$  - псевдовипадкові послідовності, які відрізняються оцінкою кореляційної міри ентропії  $I_N(0,1)[S^*(t)]$  і використовуються для формування квазітрійкової послідовності;  $F_{5.2} = a_i = P_{Ni} \left\{ \begin{array}{l} P_{Ni}, P_{Ni} \neq P_{Ni-1} \\ P_N(s), P_{Ni} = P_{Ni-1} \end{array} \right\}, i \in \overline{0, m}$ .

Приймання здійснюється згідно функціоналу:

$$S(t)^* [I_N] = F_{5.3}, \quad (6)$$

$$\text{де } F_{5.3} = S^*(t) = \left\{ \begin{array}{l} I_N(1)[S^*(t)], a_i = 1 \\ I_N(0)[S^*(t)], a_i = 0 \\ I_N(s)[S^*(t)], \begin{cases} a_{i-1} = 1, a_i = 1 \\ a_{i-1} = 0, a_i = 0 \end{cases} \end{array} \right\}.$$

Суть методу формування та опрацювання квазітрійкових сигналів зі змінною ентропією полягає в тому, що двійковим символам інформаційного повідомлення ставиться у відповідність значення розподілу ентропії сигналу. В каналах зв'язку постійно існує Гауссівський шум, який доцільно використовувати при повторенні ознак маніпуляції сигналів, а також старт-стопних сигналів. Інформаційним символам «0» і «1» ставиться у відповідність значення ентропії шумоподібного сигналу зі змінним математичним сподіванням [3].

#### **Висновки.**

Запропонований метод формування та опрацювання сигналів, який здійснюється шляхом формування широкосмугових сигналів зі змінною автокореляційною ентропією, яка в найбільшій мірі наближається до власної ентропії ДІ і створені на основі даного методу спецпроцесори дозволяють оптимізувати алгоритм опрацювання сигналів та підвищити характеристики завадостійкості.

#### **Література**

1. Николайчук Я.М. Теория джерел інформації. / Видання друге, виправлене/, – Тернопіль: ТзОВ “Терно-граф”, 2010. – 536 с.
2. Y.M Nykolaychuk. Entropic Methods of Signal Processing with Protection from Errors in Galois Base/Y.M Nykolaychuk, A.R Voronich. //Journal of Qafqaz University. Mathematics and Computer Science. Baku. Azerbaijan. 2010, №30 p. 69-77
3. Воронич А.Р. Формування та опрацювання ентропійно-маніпульованих сигнальних коректуючих кодів у безпроводних сенсорних мережах// А.Р. Воронич, Я.М. Николайчук, В.Г. Гладюк//Міжнародний науково-технічний журнал Комп'ютинг, 2012 Т12, випуск 3 С.234-241

Г.С. Гайворонская

Кафедра інформаційно-комунікаційних технологій ОНАХТ,  
вул. Дворянська, 1/3, Одеса, 65082  
E-mail: [gsgayvoronska@gmail.com](mailto:gsgayvoronska@gmail.com)

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ СТВОРЕННІ МЕРЕЖ МАЙБУТНЬОГО

Малоймовірно, що існуючі телекомунікаційні мережі (ТМ) зможуть виконувати свої функції з необхідною користувачам якістю в майбутньому і невідомо чи буде зростаючий ринок володіти потенціалом для їх масштабного фінансування. Деякі вимоги, які пред'являються до ТМ, можуть бути реалізовані за допомогою нових мережних архітектур, покладених в основу мереж майбутнього (ММ), поетапне створення яких передбачається в 2015-2020 р. У процесі проектування ММ вирішуються питання вибору технологій, протоколів, обладнання [1]. В доповіді на ряді прикладів показано, що для цього ефективно може бути застосований математичний апарат теорії прийняття рішень (ТПР).

Одним з основних факторів якісного функціонування ТМ є обґрунтований вибір протоколу маршрутизації. У зв'язку з цим виникає проблема вибору того чи іншого протоколу маршрутизації для конкретних умов. Така задача вибору може бути розв'язана з використанням апарату ТПР. Постановка задачі, має наступний вигляд. Нехай існує фізично реалізована мережа з заданою кількістю вузлів і лініями зв'язку між ними. Необхідно забезпечити маршрутизацію в мережі, при задоволенні вимог по надійності при проектуванні мережі майбутнього, визначеним у Рекомендації Y.3011 МСЕ [3].

Модель, яка ілюструє постановку однієї з імовірних задач вибору, наведена на рис 1.



Рисунок 1 – Модель розв'язку поставленої задачі

При цьому прийняті наступні визначення:  $P$  – протоколи,  $S$  – складність, вимоги до обчислювальної потужності маршрутизаторів;  $N$  – максимальна кількість маршрутизаторів в мережі;  $T$  – час/швидкість збіжності, під якою розуміється процес угоди між усіма маршрутизаторами по оптимальним маршрутам;  $L$  – надійність, тобто можливість підтримки протоколів аутентифікації и шифрування;  $V$  – обсяг службового трафіку;  $O$  – об'єднання маршрутів,  $Q$  – підтримка QoS;  $I$  – підтримка IPv6;  $F$  – поновлення маршрутної інформації,  $M$  – підтримка масок підмереж змінної довжини;  $D$  – доступність реалізації, тобто підтримка протоколу усіма виробниками обладнання.

Для поставленої задачі характерні наступні співвідношення:

$$\begin{aligned} S &\rightarrow \max, N \rightarrow \max, T \rightarrow \max, L \rightarrow \max, V \rightarrow \max, \\ O &\rightarrow \max, Q \rightarrow \max, I \rightarrow \max, F \rightarrow \max, M \rightarrow \max, D \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (1)$$

Графічне відображення задачі у вигляді діаграми Хассе наведено на рисунку 2.

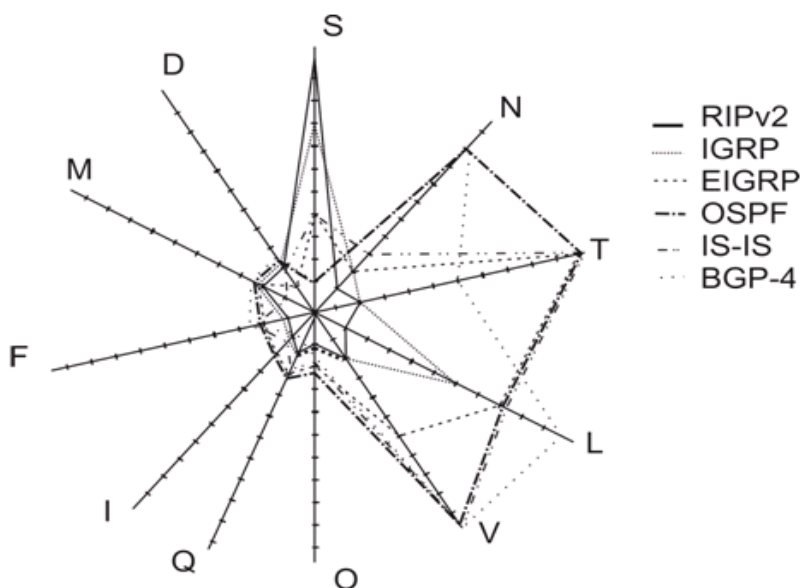


Рисунок 2 – Діаграма Хассе для поставленої задачі

Для розв'язку цієї задачі скористаємося критерієм Ходжа-Лемана, оскільки:

- ймовірність виникнення певних станів невідома, але деякі припущення щодо розподілу можливостей існують;
- прийняття рішення допускає нескінченно багато реалізацій;
- при невеликій кількості реалізацій допускається деякий ризик.

$$x^* \in \text{Arg} \min_{x \in X} E_{HL}(x) = \text{Arg} \max_{x \in X} \left( \alpha \int p(s)u(x, s)ds + (1 - \alpha) \min_{s \in S} u(x, s) \right), \quad (2)$$

де  $X$  – множина альтернатив;  $s$  – стан середовища;  $p(s)$  – ймовірність появи конкретного стану;  $\alpha \in [0,1]$ ;  $u(x, s)$  – інтерпретація витрат;  $E_{HL}$  – функція корисності Ходжа-Лемана.

Доведено, що оптимальним протоколом маршрутизації за критерієм Ходжа-Лемана є *OSPF*. Результат аналізу характеристик протоколів маршрутизації за допомогою критерію Байеса-Лапласа підтверджує вибір, отриманий із застосуванням критерію Ходжа-Лемана.

В результаті рішення поставленої задачі вибору протоколу згідно заданим характеристикам при використанні критеріїв Байеса-Лапласа і Ходжа-Лемана доведено, що *OSPF* є оптимальним протоколом маршрутизації.

### Литература

1. Соломицький М.Ю. Вирішення задачі вибору на множині математичних моделей потоків подій / Соломицький М.Ю. // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – Київ: Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАНУ, 2012. – № 11 – с. 151-156.
2. Соломицький М. Опыт использования методов решения задач выбора в условиях неопределенности и риска при проектировании компьютерных сетей / Соломицький М., Болотина О. // Problems of Computer Intellectualization. – Kyiv-Sofia: National Academy of Sciences of Ukraine V.M.Glushkov Institute of Cybernetics, ITHEA, 2012. – № 28. – р. 318-331.
3. Y.3011: Framework of network virtualization for future networks. – [Електронний ресурс]. – Access mode: <http://www.itu.int>. – Дата звернення: 19.02.14.

## ОЦЕНКА УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ИКТ В РАЗЛИЧНЫХ СТРАНАХ МЕТОДАМИ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) являются относительно новым элементом в мировой экономике, но их влияние на экономическую и политическую жизнь стран в мире резко возрастает. Это приводит к тому, что развитые и развивающиеся страны, считают применение ИКТ приоритетным направлением развития человечества. На фоне быстрого технического прогресса усиливается цифровое неравенство, под которым подразумевается разрыв в объеме использования ИКТ в развитых и развивающихся странах. Преодоление цифрового разрыва возможно за счет ускорения процесса внедрения современных ИКТ в развивающихся странах в соответствии с международной практикой. Наиболее эффективные способы решения этой задачи можно найти с помощью анализа тенденций развития ИКТ в развитых странах.

Как было показано в работах [1,2] сетевые операторы постоянно сталкиваются с проблемой выбора тех или иных ИКТ. Опыт использования конкретной технологии в развитых странах влияет на этот процесс. Успешное использование конкретных технологий в развитых странах может быть учтено при принятии решений об их применении в странах, где они еще не используются. Определение уровня развития конкретной технологии для отдельной страны проводится путем оценки статистических данных о ее использовании.

В исследовании, результаты которого представлены в докладе, использован интегрированный показатель, определяемый количеством точек подключения пользователей для таких видов связи как: фиксированная проводная широкополосная связь (Т1), фиксированная телефонная связь (Т2), мобильная связь (Т3), Интернет (Т4) [3]. С целью выделения групп стран близких по уровню этого показателя использован метод «ближнего соседа» с применением трех метрик:

1) Наиболее общий тип расстояния, использующий Евклидову метрику

$$d_{ke} = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^n (z_{kj} - z_{ej})^2}, \quad (1)$$

2) Для различения объектов, отличающихся по какой-либо одной координате, применена метрика Чебышева:

$$d_{ce} = \max |z_{kj} - z_{ej}|, \quad (2.1)$$

$$d_{ce} = \min |z_{kj} - z_{ej}|. \quad (2.2)$$

где (2.1) определяет максимально непохожие объекты  $k$  и  $l$ , а (2.2) – объекты  $k$  и  $l$  наиболее «близкие» друг к другу.

3) Для проверки полученных результатов применена Манхэттенская метрика, которая является простым средним разностей по координатам:

$$d_{ke} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^n |z_{kj} - z_{ej}|. \quad (3)$$

В результате применения кластерного анализа [4,5] выявлены группы стран, для которых обобщенный уровень показателей, по признакам Т1...Т4, достаточно близок. Кластер 1 представляет собой группу стран, имеющих наибольшее значение показателей Т1...Т4, в кластер 2 вошли страны со средним уровнем развития исследуемых показателей, в нем уровень развития ИКТ примерно в 1,2 раза ниже, чем в кластере 1. В кластере 3 оказались страны, в которых уровень развития исследуемых ИКТ в три раза ниже, чем в кластере 1.

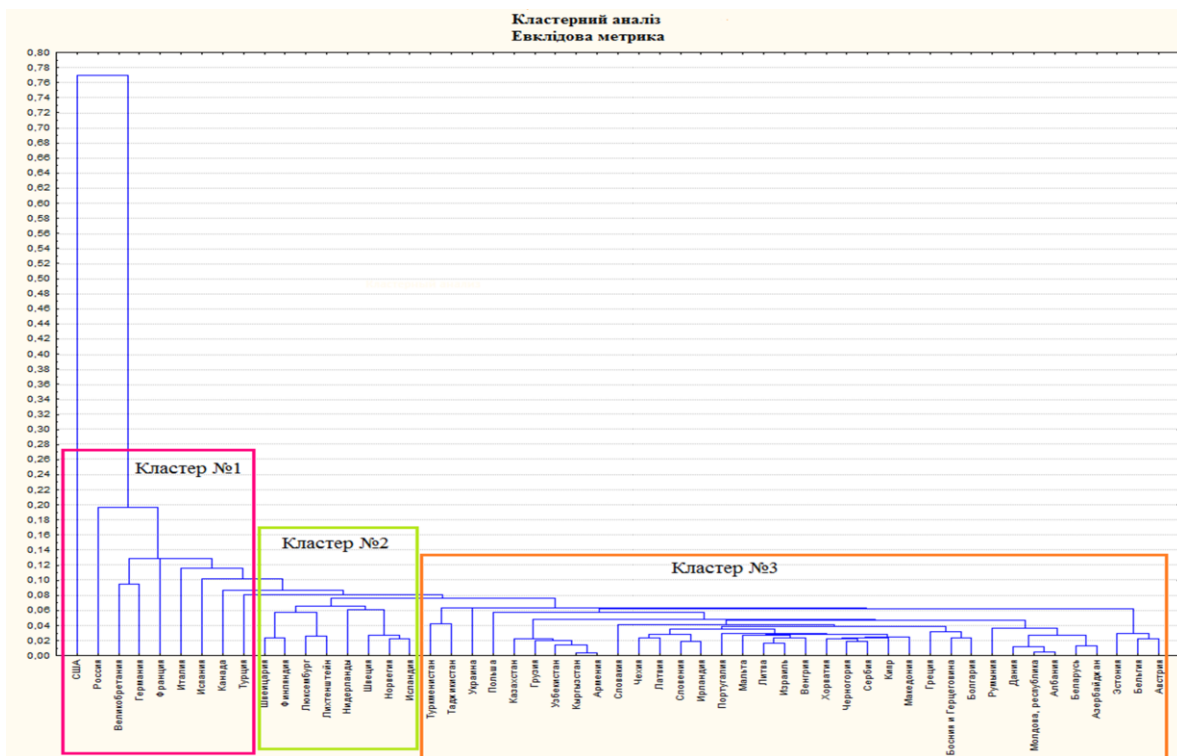


Рис.1. Кластер №1, 2, 3

Информационно-коммуникационные технологии играют ключевую роль в развитии современной инновационной деятельности, эффективности и конкурентоспособности государств, поэтому их развитие прямо пропорционально экономическому процветанию страны. В результате проведенного кластерного анализа для 53 стран мира выявлено, что Украина находится в третьем кластере, в котором уровень развития ИКТ является относительно низким. Уровень проникновения мобильной и фиксированной телефонии по отношению к общей численности населения Украины составляет 119,3% и 28,3%, соответственно. Направлением дальнейших исследований является выявление наиболее значимых факторов, определяющих развитие ИКТ, что позволит предложить пути увеличения рейтинга Украины среди других стран.

### Литература

1. Гайворонская Г.С. Класифікація країн за рівнем розвитку телекомунікаційних технологій / Г.С. Гайворонская, П.П. Яцук, И.В. Ганницкий, Ю.С.Казак // Електронне наукове фахове видання – журнал «Проблеми телекомунікацій». <http://pt.journal.kh.ua/> ХНУРЕ. – 2013. – № 3 (12) с.71-78
2. Гайворонская Г.С. Некоторые аспекты исследования процесса развития телекоммуникационных технологий / Г.С. Гайворонская, П.П. Яцук // Вестник НТУУ «КПИ». Серия Радиотехника. Радиоаппаратостроение. – 2014. – № 56. – с. 88-95.
3. ITU. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/stat/default.aspx> <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx>
4. Б. Дюран, П. Оделл. Кластерный анализ / Пер. с англ. – Москва «Статистика», 1977. – 128 с.
5. Гитис Л.Х. Статистическая классификация и кластерный анализ – Москва, 2003. – 157 с.

Гецько О. М.  
ДВНЗ "УжНУ"  
[Lesya\\_Hetsko@mail.ru](mailto:Lesya_Hetsko@mail.ru)

## ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТОЧНОСТІ І ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СКЛАДНОСТІ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕЛІНІЙНИХ ФУНКЦІОНАЛІВ

Нехай потрібно розв'язати наступну задачу: знайти мінімальне значення  $\varphi_*$  і максимальне значення  $\varphi^*$  мнгоекстремальної скалярної функції  $\varphi(\bar{u})$  на обмеженій замкненій множині  $\bar{\Omega}_n \in E_n$ , де  $E_n$  –  $n$ -вимірний евклідов простір,  $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_n) \in E_n$ . Інакше кажучи, потрібно розв'язати задачу:

$$\varphi_* = \min_{u \in \bar{\Omega}_n} \varphi(\bar{u}), \quad \varphi^* = \max_{u \in \bar{\Omega}_n} \varphi(\bar{u}), \quad (1)$$

де  $\bar{\Omega}_n = \{\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_n) \in E_n : -\infty \leq \bar{u}_i \leq b_i \leq \infty, d = b - a, i = 1, 2, \dots, n\}$  –  $n$ -вимірний куб.

Будемо розглядати двічі неперервно-диференційовний функціонал  $\varphi(\bar{u})$ . В цьому випадку задача (1) зводиться до задачі глобального розв'язування на  $\bar{\Omega}_n$  системи нелінійних скалярних рівнянь (СНСР) виду:

$$f_i := \frac{\partial \varphi(\bar{u})}{\partial u_i} = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

що відображає необхідну умову екстремуму функції  $\varphi(\bar{u})$ .

Оскільки оптимальні розв'язки  $\bar{u}^*$  та  $\bar{u}^*$  можуть знаходитись або всередині куба або на його гранях, то для їх знаходження необхідно розв'язувати повну систему (2) та усі урізані системи виду (2) розмірності від 1 до  $n-1$ , що відповідає сукупності задач оптимізації функції  $\varphi(\bar{u})$  на  $j$ -вимірних кубах ( $1 \leq j \leq n$ )

Нехай СНСР виду (2) зведені до рівняння наступного виду:

$$Fu := u - \bar{F}u = 0 \quad (3)$$

де  $\bar{F}u = (f_1(\bar{u}), f_2(\bar{u}), \dots, f_n(\bar{u}))$  – нелінійний двічі диференційовний за Фреше оператор, що діє в одному і тому ж гільбертовому просторі  $H$  (зокрема і оператор  $\bar{F}$ ) або в різних просторах.

В залежності від класів розв'язуваних задач й даних розглядаються різні види похибок. Так, детерміновані апріорні та апостеріорні оцінки похибок наближеного розв'язування задач глобальної оптимізації знаходяться шляхом застосування комбінованого методу відокремлення всіх ізольованих розв'язків в заданій області та їх ітераційного уточнення. У випадку реалізації  $\varepsilon$ -алгоритму повна похибка глобального розв'язку задачі (1) буде мати вигляд:

$$\|u^* - u_{nr}^k\| \leq \|u^* - u_n^*\| + \|u_n^* - u_n^k\| + \|u_n^k - u_{nr}^k\| \quad (4)$$

де доданки в правій частині нерівності визначають відповідно неусувну похибку, похибку методу та похибку заокруглення.

При глобальному наближеному розв'язуванні задач оптимізації нелінійних функціоналів оцінки обчислювальної складності складається з оцінок складності обчислень нев'язок  $Fu$  та  $\varepsilon$ -алгоритму, складності ітераційного уточнення всіх відокремлених розв'язків по аргументу та оцінок складності обчислення значень  $\varphi(\bar{u})$  в знайдених точках.

### Література

1. Бабич М.Д., Бабич В.М. Про чисельне розв'язування нелінійних функціональних рівнянь з багатьма розв'язками. Київ, 2002. – 36 с. – (Препр./НАН України, Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, 2002–6).
2. Бабич М.Д., Гецько О.М. Оценки характеристик точности и вычислительной сложности приближенных методов глобальной оптимизации нелинейных функционалов // Кибернетика и системный анализ. - 2014. - №1. - С. 102-110.

### КРИТЕРІЙ РЕАЛІЗОВАНОСТІ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ ОДИМ НЕЙРОННИМ ЕЛЕМЕНТОМ З УЗАГАЛЬНЕНОЮ ПОРОГОВОЮ ФУНКЦІЄЮ АКТИВАЦІЇ

В останні роки нейромережі широко використовуються в різних галузях людської діяльності – розпізнаванні образів, прогнозуванні, бізнесі, медицині, техніці [1-3]. Ефективне застосування нейромереж для розв’язування прикладних задач стане можливим, якщо будуть розроблені ефективні методи синтезу логічних схем із нейронних елементів..

У даній роботі вводиться поняття нейронного елемента (НЕ) з узагальненою пороговою функцією активації, наводяться критерії та достатні умови реалізованості функцій одним узагальненим нейронним елементом.

Нехай  $H_2 = \{-1, 1\}$  – циклічна група 2-го порядку,  $G_n = H_2 \otimes \dots \otimes H_2$  – прямий добуток  $n$  циклічних груп  $H_2$ . Булева функція  $f(x_1, \dots, x_n)$  в алфавіті  $H_2$  задає однозначне відображення  $f: G_n \rightarrow H_2$ .

На множині  $R \setminus \{0\}$  ( $R$  – множина дійсних чисел) визначимо функцію  $Rsign(x)$ :

$$\forall x \in R \setminus \{0\} \quad Rsign(x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x > 0, \\ -1, & \text{якщо } x < 0. \end{cases}$$

Із різних елементів групи характерів  $X(G_n)$  [4] над  $R$ , крім головного  $X_0$ , побудуємо  $m$ -елементну множину  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\}$  і відносно вибраної системи характерів розглянемо математичну модель нейронного елемента з узагальненою пороговою функцією активації відносно  $X$ :

$$f(x_1(g), \dots, x_n(g)) = Rsign\left(\sum_{j=1}^m \omega_j X_{i_j}(g) + \omega_0\right), \quad (1)$$

де вектор  $w = (\omega_1, \dots, \omega_m, \omega_0)$ , ( $\omega_i \in R$ ) називається вектором структури НЕ і  $g \in G_n$ .

Булева функція  $f: G_n \rightarrow H_2$  реалізується одним узагальненим НЕ відносно системи характерів  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\}$ , якщо існує такий  $m + 1$ -вимірний вектор  $w = (\omega_1, \dots, \omega_m, \omega_0)$ , що має місце рівність (1).

Розглянемо наступну задачу: чи реалізується задана булева функція  $f: G_n \rightarrow H_2$  одним узагальненим НЕ відносно системи характерів  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\} \subset X(G_n)$ , і якщо так, то як знайти вектор структури  $w$  відповідного НЕ?

За допомогою перетворення  $x' = \frac{1}{2}(x + 1)$  ( $x \in \{-1, 1\}$ ) переходимо від алфавіту  $H_2 = \{-1, 1\}$  до алфавіту  $Z_2 = \{0, 1\}$  і побудуємо булевий вектор

$$\bar{X}'(g) = \left( \frac{1}{2}(X_{i_1}(g) + 1), \dots, \frac{1}{2}(X_{i_m}(g) + 1) \right) \quad \text{на елементі } g \in G_n.$$

Нехай

$$f_x^{-1}(-1) = \bigcup_{g \in f^{-1}(-1)} \{\bar{X}'(g)\}, \quad f_x^{-1}(1) = \bigcup_{g \in f^{-1}(1)} \{\bar{X}'(g)\}.$$



Ядро булевої функції  $f: G_n \rightarrow H_2$  відносно системи характерів  $X$  групи  $G_n$  визначається так:

$$K(f_x) = \begin{cases} f_x^{-1}(1), & \text{якщо } |f_x^{-1}(1)| \leq |f_x^{-1}(-1)|, \\ f_x^{-1}(-1), & \text{якщо } |f_x^{-1}(1)| > |f_x^{-1}(-1)|, \end{cases}$$

де  $|f^{(-1)}(i)|$  – кількість елементів множини  $f_x^{-1}(i) (i \in \{-1, 1\})$ . Якщо  $f_x^{-1}(1) \cap f_x^{-1}(-1) = \emptyset$ , то ядро  $K(f_x)$  не існує і це означає, що булева функція  $f$  не реалізується одним НЕ відносно системи  $X$ .

В залежності від системи характерів  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\}$  множини  $Z_2^m$  і  $f_x^{-1}(-1) \cup f_x^{-1}(1)$  можуть не співпадати. Тому аналогічно до того, як для частково визначених булевих функцій, вводиться поняття розширеного ядра  $K(f_x, s)$ , множини розширених зведених ядер  $T(f_x, s)$  і множини матриць толерантності  $E_m$  і  $E_m^-$  [5].

**Теорема 1.** Булева функція  $f: G_n \rightarrow H_2$  реалізується одним узагальненим нейронним елементом відносно системи характерів  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\}$  тоді і тільки тоді, якщо існує таке розширене ядро  $K(f_x, s)$ , яке допускає зображення матрицями толерантності з  $E_m$ .

**Теорема 2.** Булева функція  $f: G_n \rightarrow H_2$  реалізується одним узагальненим нейронним елементом відносно системи характерів  $X = \{X_{i_1}, \dots, X_{i_m}\}$  тоді і тільки тоді, якщо хоча б одне зведене розширене ядро  $K(f_x, s)_i \in T(f_x, s)$  допускає зображення матрицями толерантності із  $E_m^-$ .

Нехай  $K(f_x) = (\alpha_{ij})$  ядро булевої функції  $f$  відносно системи характерів  $X$   $K_\xi^\sigma(f_x) = (\alpha_{\xi(i)\sigma(j)})$  ( $\xi \in S_q, \sigma \in S_m$  – симетричні групи) і  $p(K(f_x))$   $p$ - підмножина ядра  $K(f_x)$  [5].

**Теорема 3.** Якщо в множині розширених зведених ядер  $T(f_x, s)$  булевої функції  $f: G_n \rightarrow H_2$  знайдеться таке розширене зведене ядро  $K(f_x, s)_i$  і такі елементи  $\xi \in S_q, \sigma \in S_m$  ( $q = |K(f_x, s)|$ ), що  $K_\xi^\sigma(f_x, s)_i = p(K_\xi^\sigma(f_x, s)_i)$ , тоді функція  $f$  реалізується одним узагальненим НЕ відносно системи характерів  $X$ .

На основі теореми 3 побудовано ефективний алгоритм для знаходження цілочислового вектора структури узагальненого НЕ, що реалізує функцію  $f$ , відносно системи характерів  $X$ .

## Література

1. Омату С. Нейроуправление и его приложения / С. Омату, М. Халид, Р. Юсоф. – М.: ИПРЖ, 2000. – 272с.
2. Комарцова Л. Г. Нейрокомпьютеры / Л. Г. Комарцова, А. В. Максимов. – М. Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 318с.
3. Фролов А. А. Нейронные модели ассоциативной памяти / А. А. Фролов, И. П. Муравьев. – М.: Наука, 1987. – 160с.
4. Кертис Ч. Теория представления конечных групп и ассоциативных алгебр / Ч. Кертис, И. Райнер. – М.: Наука, 1969. – 667с.
5. Гече Ф. Аналіз дискретних функцій та синтез логічних схем у нейробазисі / Ф. Гече. – Ужгород: Видавництво В. Падяка, 2010 – 212с.

## СЕМАНТИКО – ПРАГМАТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРНЫХ ТЕКСТОВ

В центре изучения интеллектуальных способностей человека находится проблема переработки знаний, семантической коммуникации и понимания языковых сообщений. Здесь обозначен ряд задач высокой когнитивной сложности. Решение их, кроме познавательной ценности, вызвано актуальной необходимостью создать компьютерные и робототехнические системы нового поколения, способные к интерактивному и гуманизированному диалогу.

Для семантического и прагматического анализа текстов, представленных на естественном языке, необходимо разработать понятийный аппарат языкового представления знаний и операций над ними. Конечным результатом операций является «Смысл» текста, необходимый для «компьютерного понимания» в семиотической парадигме.

В качестве базовых метапонятий семантико-прагматического анализа выделяются следующие: *имя, знак* (по Фреге), *факт, событие, ситуация, оценка, смысл*.

Факт определяется как семиотическое представление предложения (по Б. Расселу). Событие есть мотивированный факт, который получается приписыванием к предложению причины (слева) и цели или результата (справа). Ситуация есть проективное отображение группы событий на «трафарет», который содержит «имя ситуации» и список «страт знаний»: *кто, что сделал, где, когда, сколько, зачем, причины, помехи, результат, акценты, оценка ситуации* и другие. Ситуация имеет фреймовую структуру, в которой слоты (страты) заполняются, с одной стороны – текстом, а с другой – обращением к базе концептуальных онтологических знаний. Обращение к онтологии позволяет описывать (интерпретировать) ситуацию на языке понятий высокого уровня обобщения. Итогом онтологического анализа ситуации является её оценка. Оценка ситуации констатирует её понимание субъектом и (часто – напрямую) выражается в форме смысла. Известно, что в когнитивной семиотике прагматика характеризует отношение между знаком и потребителем. Для формализации этого отношения вводится метакатегория «Смысл».

*Под смыслом ситуации* или полного дискурса понимается *тезис* – краткое утверждение относительно *коммуникационной идеи или замысла автора текста*. Тезис выражается на естественном (литературном) языке при помощи понятий (терминов) среднего или высокого уровня обобщения, которые в тексте в явном виде не присутствуют. Однако в поле общих человеческих знаний и морали, в процессе культурно-исторического развития социумов смысловые тезисы накоплены и сформулированы; их и следует использовать как стандарты интеллектуального общения. Если автор сообщения погружает свой замысел в художественную форму, то потребитель стремится, наоборот, к лаконичности запоминания в присущей лично ему форме.

Смысл дискурса формируется из смыслов отдельных ситуаций при помощи особых формальных процедур, построенных на последовательном обобщении концептов, событий и ситуаций. Эти процедуры объединены новым понятием – «Онтологическое обобщение», поскольку заданы над множеством концептуальных и аксиоматических Знаний. В конце семантико-прагматического анализа текста формируется Смысл.

*Компьютерное понимание* и гуманизированный диалог достигаются в прагматике общения через смыслы. Для этого в базе знаний компьютера хранится система Знаний о мире – Онтология и заданы операции взаимодействия текста с онтологией. Смысл (точнее – список смыслов) текста получается в формате простого и ясного (афористичного) утверждения, взятого из языковой практики общества. Рассмотрен *пример* семантико-прагматического анализа «живого» литературного текста – сказки «Колобок».

**Глебена М.І., Цегелик Г.Г.**  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
[HlebenaM@gmail.com](mailto:HlebenaM@gmail.com)

### ЧИСЕЛЬНИЙ МЕТОД МАЖОРАНТНОГО ТИПУ ОПТИМІЗАЦІЇ НЕГЛАДКИХ ЛОГАРИФМІЧНО ВГНУТИХ ФУНКЦІЙ БАГАТЬОХ ЗМІННИХ

В [1-2] розглянуто використання апарату некласичних мажорант і діаграм Ньютона функцій однієї та двох дійсних змінних, заданих таблично [3] для оптимізації негладких функцій однієї та двох дійсних змінних.

В доповіді розглядається побудова апарату некласичних мажорант і діаграм Ньютона функцій багатьох дійсних змінних, заданих таблично та алгоритм нульового порядку оптимізації негладких логарифмічно вгнутих функцій багатьох змінних.

Розглянемо функцію  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , визначену в області  $D = \{a_i \leq x_i \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n\}$ . Не зменшуючи загальності, вважатимемо, що  $f(x_1, x_2, \dots, x_n) > 0$  для всіх  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in D$ . Нехай функція  $y = f(x)$  задана своїми значеннями на дискретній множині точок  $(a_1 + k_1 h_1, a_2 + k_2 h_2, \dots, a_n + k_n h_n)$ , де  $k_i = 0, 1, \dots, m_i$ ,  $h_i = (b_i - a_i) / m_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Позначимо  $f(a_1 + k_1 h_1, a_2 + k_2 h_2, \dots, a_n + k_n h_n) = a_{k_1 k_2 \dots k_n}$ . Позначимо через  $M$  цю дискретну множину точок.

У просторі змінних  $x_1, x_2, \dots, x_n, y$  побудуємо точки зображення  $P_{k_1 k_2 \dots k_n} (a_1 + k_1 h_1, a_2 + k_2 h_2, \dots, a_n + k_n h_n, -\ln a_{k_1 k_2 \dots k_n})$  і з кожної точки  $P_{k_1 k_2 \dots k_n}$  проведемо півпрямую в додатному напрямі осі  $Oy$ . Сукупність точок цих півпрямих позначимо через  $S$ , а їхню опуклу оболонку – через  $C(S)$ . Для кожної точки  $(x_1, x_2, \dots, x_n) \in D$  знайдемо точку  $B_x(x_1, x_2, \dots, x_n, \chi_x)$ , де  $\chi_x = \inf_{x \in C(S)} y$ .

Множина точок  $B_x, x \in D$ , утворює багатогранну поверхню  $\delta_f$ , яку називатимемо некласичною діаграмою Ньютона, визначеного в області  $D$ , функції  $y = f(x)$ , заданої таблично. Ця поверхня є неперервною, опуклою і її рівняння має вигляд  $y = \chi(x)$ , де  $\chi(x) = \chi_x, x \in D$ .

Позначимо

$$M_f(x) = \exp(-\chi(x)), x \in D.$$

Тоді для будь-якого  $x \in R$  виконується нерівність  $-\ln f(x) \geq \chi(x)$ , або  $f(x) \leq \exp(-\chi(x)) = M_f(x)$ . Функцію  $M_f(x)$ , визначену в області  $D$ , називатимемо некласичною мажорантою Ньютона функції  $y = f(x)$ , заданої таблично.

Позначимо через  $T_{k_1 k_2 \dots k_n}$  значення мажоранти Ньютона в точці  $x = (a_1 + k_1 h_1, a_2 + k_2 h_2, \dots, a_n + k_n h_n)$ . Величини

$$R_{k_1 \dots k_i \dots k_n}(x_i) = \left( \frac{T_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i - 1, k_{i+1}, \dots, k_n}}{T_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}} \right)^{\frac{1}{h_i}},$$
 називатимемо  $(k_1, \dots, k_i, \dots, k_n)$  числовими

нахилами мажоранти  $M_f(x)$  в напрямі осі  $Ox_i$ , а величини

$$D_{k_1 \dots k_i \dots k_n}(x_i) = \frac{R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i + 1, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i)}{R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i)}$$
 називатимемо  $(k_1, \dots, k_i, \dots, k_n)$  відхиленнями в

направі осі  $Ox_i$ .

Із опуклості діаграми  $\delta_f$  випливають такі властивості:

$$\begin{aligned} R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &\leq R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i+1, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i), \\ D_{k_1, \dots, k_i, \dots, k_n}(x_i) &\geq 1, \\ \max_{x \in R} f(x) &= \max_{x \in D} M_f(x). \end{aligned}$$

Крім того, якщо

$$\max_{x \in R} f(x) = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n),$$

то

$$\max_{x \in D} M_f(x) = M_f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n).$$

Ці властивості лежать в основі чисельного методу нульового порядку відшукування з певною точністю екстремуму будь-якої логарифмічно вгнутої функції багатьох змінних за будь-якого початкового наближення. Зазначимо, якщо  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  - логарифмічно вгнута функція, то  $T_{k_1 k_2 \dots k_n} = a_{k_1 k_2 \dots k_n}$ .

Суть методу полягає в наступному. Якщо в точці  $(a_1 + k_1 h_1, a_2 + k_2 h_2, \dots, a_n + k_n h_n) \in M$  виконуються умови:

$$\begin{aligned} R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &\leq 1, \\ R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i+1, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &> 1 \end{aligned} \quad (1)$$

для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ , то ця точка з точністю  $h = \max_{1 \leq i \leq n} h_i$  приймається за точку максимуму функції  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

Якщо для фіксованого  $i, (i = 1, 2, \dots, n)$  умови (1) не виконуються, то

$$\begin{aligned} R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &> 1, \\ R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i+1, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &> 1, \end{aligned} \quad (2)$$

або

$$\begin{aligned} R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &< 1, \\ R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i+1, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) &< 1. \end{aligned} \quad (3)$$

Для відшукування точки, для якої виконуються умови (1) у випадку (2) знаходимо мінімальне значення індекса  $\nu$ , для якого  $R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i-\nu, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) \leq 1$ .

Для відшукування точки, для якої виконуються умови (1) у випадку (3) знаходимо мінімальне значення індекса  $\nu$ , для якого  $R_{k_1, \dots, k_{i-1}, k_i+\nu, k_{i+1}, \dots, k_n}(x_i) > 1$ .

## Література

1. Глебена М.І. Чисельний метод мажорантного типу відшукування екстремуму негладких і розривних функцій / М.І. Глебена, Г.Г. Цегелик // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Сер. матем. і інформ. – 2006. – Вип. 12–13. С. 55-58.
2. Цегелик Г.Г. Чисельний метод мажорантного типу відшукування абсолютного екстремуму довільних негладких функцій двох дійсних змінних / Г.Г.Цегелик, М.І.Глебена // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та ін форм. -2010. -Вип.16. С.63-70.
3. Цегелик Г.Г. Апарат неklasичних мажорант і діаграм Ньютона функцій, заданих таблично, та його використання в чисельному аналізі: монографія / Г.Г. Цегелик. — Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2013. – 190с.

**ВИДІЛЕННЯ ОЗНАК У ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ДАКТИЛЕМ**

Розпізнавання жестів, як і комп'ютерне бачення загалом, вимагає всебічного підходу до виділення інформативно значущої інформації та формування векторів ознак. Розглядаючи задачу розпізнавання знаків дактильної мови жестів, дактилів, можна виділити ряд основних факторів, які людина приймає до уваги споглядаючи той чи інший жест: конфігурацію пальців руки, ракурс демонстрації жесту, характер руху долоні у випадку рухомого дактиля. Таким чином, першочерговою задачею розробника системи розпізнавання є програмна реалізація функціональних можливостей, які дозволили б комп'ютеру проводити аналіз згаданих факторів з такою ж ефективністю як це робить людське око.

Перш за все доцільно проаналізувати контур долоні, який є базовою характеристикою, що використовується при формуванні загальної оцінки побаченого жесту. З цією метою у доповіді пропонується побудувати вектори ознак на базі геометричних характеристик контуру долоні. Якщо для контуру долоні побудувати опуклу оболонку, то порожні ділянки утворені нею та самим контуром можна назвати дефектами. У доповіді пропонуються підходи до налаштування фільтрів, які дозволяють сортувати дефекти на значущі та незначущі, розбиття на класи за кількістю дефектів, представлення структури геометричних характеристик жесту у стандартизованій формі. Розглядається можливість застосування запропонованих характеристик у комплексі з існуючими підходами, зокрема, моментами Ху, ланцюгами Фрімена[1] тощо.

Крім того, доцільним є використання матриць як природних представників об'єктів, що піддаються аналізу. У доповіді пропонується підхід до отримання матриць ознак, в основі якого лежить попіксельна конвертація стандартизованого зображення контуру жесту у матрицю. Наводиться порівняльний аналіз результатів експериментів пов'язаних з використанням бінарних матриць ознак та побудованих на базі зображення у градаціях сірого кольору. Для отриманих матриць розглядається можливість застосування еліпсоїдальної відстані відповідності та пропонується ортогональна відстань, що будується на базі ортогональних проекторів[2].

Також у доповіді розглядається можливість застосування скелетизації з метою отримання інформації щодо положення пальців під час демонстрації жесту. Зокрема, аналізується ефективність застосування алгоритму Зонга-Суна для побудови скелету зображення жесту з подальшим представленням результатів у формі деревовидної структури.

Приділяється увага питанню робастності системи розпізнавання, пропонуються підходи до стандартизації характеристик жестів, наводяться результати практичних експериментів пов'язаних з тестуванням у різних умовах середовищах. Описується розроблений багатоетапний алгоритм розпізнавання, який об'єднав всі запропоновані у доповіді підходи[3].

**Література**

1. Golik A.O., Donchenko V.S. Matrix feature vectors and Hu moments in gesture recognition // International Journal Information Technologies & Knowledge. 2013. – Vol. 7. – No 4. – P. 380-391.
2. Голік А.О., Донченко В.С. Застосування еліпсоїдальної та ортогональної відстаней відповідності у задачах розпізнавання мови та жестів // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка: серія фізико-математичні науки. – 2013. – №1. – С. 146 – 155.
3. Голік А.О., Донченко В.С., Крак Ю.В. Підходи до покращення робастності у задачі розпізнавання знаків дактильної мови жестів // International Conference “Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence” – Kherson, KNTU – 2014. – P.58.

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КРЕДИТНИХ РИЗИКІВ**

**Постановка задачі.** Розробити математичні моделі оцінки кредитоспроможності позичальників для подальшого формування оптимального кредитного портфелю. На базі розробленої математичної моделі створити програму, яка прогнозує та аналізує фінансові коефіцієнти підприємств.

**Математична модель.** Для оцінки фінансового стану позичальників звичайно використовують класичний аналіз кредитоспроможності позичальників на основі аналізу фінансових коефіцієнтів. Для відкритих акціонерних товариств формально можливе застосування так званої емпіричної Z-моделі Альтмана, але насправді ця модель неприйнятна для підприємств України, бо вона побудована на основі лінійної регресії по даним для ВАТ США. Крім того, для прогнозу кредитного ризику потрібно прогнозувати фінансові коефіцієнти. На основі аналізу часових рядів розрахованих нами фінансових коефіцієнтів з'ясувалося, що для різних підприємств ці ряди мають дуже різну поведінку (як класичну, так і фрактальну). Крім того, з'ясувалося, що для підприємств деяких галузей є дуже велика залежність від ряду зовнішніх чинників. І цю залежність найкращим чином можливо врахувати за допомогою моделі Івахненко GMDH. Далі з'ясувалося, що у деяких випадках найкращі результати можливо отримати за допомогою моделей на основі теорії нечітких множин. Узгодження цих результатів нами було зроблено лише на якісному рівні. Таким чином, програмна реалізація включає в себе обчислення та подальший вибір якісного показника кредитного ризику на основі порівняння результатів прогнозів, що побудовані по таким моделям: аналог Z-моделі Альтмана, моделі Івахненко GMDH, моделей ARFIMA-FIGARCH й моделей на основі теорії нечітких множин.

**Перспективи подальших досліджень.** Автори вважають перспективними напрямки досліджень, пов'язані зі створенням програмних продуктів, які дозволяють будувати динамічне управління оптимальним кредитним портфелем із застосуванням

**Висновки.** Розроблена програма розраховує фінансові коефіцієнти результату діяльності позичальника та допомагає аналізувати їх, видає висновок про фінансовий стан позичальника та демонструє значення розрахованих коефіцієнтів відносно до оптимальних. Разом з іншими методами дозволяє в певному об'ємі проаналізувати стан позичальника та підібрати оптимальну кредитну стратегію.

**Література**

1. Недосекін А.О. Финансовый менеджмент в условиях неопределенности: вероятности или нечеткие множества? <http://www.cfin.ru/analysis>.
2. Новоселов А.А. «Математическое моделирование финансовых рисков. Теория измерений», Новосибирск, «Наука», 2001.
3. Ермасова Н.Б. Управление кредитными рисками в банковской среде. Деньги и кредит. – 2003. – № 6 – с.17-23
4. Берегова Г. Методи аналізу кредитного ризику та побудова моделі оцінки кредитоспроможності позичальника. Регіональна економіка. – 2005-№ 4. – ст.113-122.
5. Боришкевич О., Банківське кредитування міжнародної торгівлі Вісник НБУ.-2003.-№4.-с47-49.
6. Вишняков І. В. Методи і моделі оцінки кредитоспроможності позичальників : Посібник. - К.:КНЕУ,2003р.-с.144
7. Галасюк В. Методи оцінки кредитоспроможності позичальника (аналіз здатності позичальника генерувати SC- потоки) Вісник НБУ.-2003.-№7-с38-44
8. Івахненко А.Г. Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. – Киев: Техника, 1975.
9. Дубовиков М.М., Крянев А.В., Старченко Н.В. Размерность минимального покрытия и локальный анализ фрактальных временных рядов. – Вестник РУДН, Серия прикладная и компьютерная математика, т.3, №1, 2004, с.30-44.

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ВІДЕО ПОТОКУ**

Мультимедійна інформація – джерело даних, що дозволяє поєднати одразу декілька форм представлення контенту: текст, зображення, аудіо, відео. Особливий інтерес для дослідників представляє пошук візуальної інформації за її контекстом. Це прогресивний підхід, який має широкий інструментарій аналізу та дозволяє здійснювати пошук, спираючись не на описову метадані, асоційовану з вхідними даними, а безпосередньо на зміст. Говорячи про обробку такого різновиду мультимедійної інформації, як відео, слід виділити основні класи задач: виділення і розпізнавання рухомих об'єктів в умовах дії різного роду перешкод і збурень; відстеження траєкторії руху об'єктів; детектування появи на сцені нових об'єктів (не були розпізнані) та зникнення старих (були розпізнані раніше); детектування змін сцени.

Більшість таких задач зводиться до сегментації відеопотоку, тобто розбиттю вхідного відеоряду на ділянки, де зміна сцени не є значною. В загальному вигляді рішення цього завдання полягає в поданні вихідних відеоданих у вигляді множини відеокадрів і порівняння контенту растрових зображень з отриманої послідовності з метою виявлення меж сегментів з однорідною сценою. Можна виділити наступні основні групи методів, що використовуються в обробці відео для детектування меж сегментів.

У найпростішому випадку **алгоритм попиксельного порівняння** визначає глобальну різницю в інтенсивності пікселів в двох сусідніх кадрах в моменти часу  $t$  і  $t+1$ :

$$d(t, t+1) = \frac{\sum_{x=1}^N \sum_{y=1}^M \sum_c |I_t(x, y, c) - I_{t+1}(x, y, c)|}{N * M}.$$

де  $N$  й  $M$  – кількість пікселів кадру по горизонталі і вертикалі відповідно,  
 $I(x, y, c)$  – інтенсивність в точці  $(x, y, c)$  в момент часу  $t$ .

**Гістограмні методи** засновані на використанні глобальних характеристик зображення, тому вони є більш стійкими до рухів камери та об'єктів. Крім того, гістограми інваріантні до незначного обертання, а зміни масштабу впливають на них незначно. Проте два зовсім різних зображення можуть мати майже ідентичні гістограми, оскільки вони не містять інформації про розташування пікселів один відносно іншого. Найпростіші гістограмні методи обчислюють різницю між гістограмами двох кадрів. Більш складні методи використовують при цьому спеціальним чином розраховані вагові коефіцієнти. В найбільш розвинених методах визначається перетин між гістограмами, або використовують спеціальним чином розраховані міри подібності[1]. Найпростіший метод заснований на обчисленні наступного виразу:

$$d(t, t+1) = \sum_{u=1}^V |H(I_{t+1}, u) - H(I_t, u)|,$$

де  $H$  – гістограма зображення,  $V$  – кількість частин квантування гістограми.

**Блочні методи.** Застосовуються для покращення сегментації, оскільки на відміну від попиксельних та гістограмних вони враховують просторову неоднорідність зображень. Після того, як вхідне зображення було розбито на блоки, до кожного з них можливо застосувати методи, що було описано вище. Основною перевагою блочних методів є їх відносна нечутливість до шумів та рухів камери та об'єктів. Міра подібності блоків заснована на використанні середнього значення й дисперсії, що були отримані на всьому зображенні. Ступінь подібності для блоку  $b$  з двох кадрів в моменти часу  $t$  й  $t+1$  визначається як:

$$d(I_t, I_{t+1}, b) = \frac{[2(\sigma_{t+1,b}^2 + \sigma_{t,b}^2) + ((\mu_{t+1,b}^2 + \mu_{t,b}^2)/2)^2]^2}{\sigma_{t+1,b}^2 \sigma_{t,b}^2}$$

Де  $\mu_{t,b}$  та  $\sigma_{t,b}$  – відповідно середнє значення та дисперсія значень пікселів в блоку  $b$  в момент часу  $t$ .

В усіх трьох випадках межа набору кадрів фіксується, якщо отримана величина  $d$  перевищує наперед задане граничне значення.

Для збільшення надійності детектування меж кадрів можливим є застосування **комбінованих підходів**. В цьому випадку одночасно використовується кілька методів різного типу. Найчастіше в таких методах розглядаються складніші дескриптори зображення, такі як граничні точки, моменти, кольорові переходи, статистичні параметри та деякі інші[2-4].

Поширеним є підхід із застосуванням сегментації відеокадрів та подальшим обчисленням характеристик для сегментів, що було виділено. Як відомо, прийняття рішення про приналежність точки до сегменту робиться на підставі порівняння із заданим граничним значенням. У разі аналізу відеоданих зміст сцени може значно змінюватися, а значить використання єдиного граничного значення не є ефективним, крім того, для користувача не є можливим регулювати це значення самостійно. Тому необхідно використовувати методи автоматичного регулювання цього значення, можливі підходи наведено в [5-8].

Таким чином, ми бачимо, що задача аналізу відеоданих зводиться до аналізу множини відеокадрів. Основною проблемою на цьому етапі є визначення міри відмінності двох кадрів. Існує декілька підходів до її обчислення, кожен з яких є своєрідним компромісом між точністю та швидкістю обчислення. Тому, обираючи спосіб визначення міжкадрової різниці, слід враховувати специфіку області застосування системи аналізу відео.

### Литература

1. Liu G. H., Yang J. Y. Content-based image retrieval using color difference histogram //Pattern Recognition. – 2013. – Т. 46. – №. 1. – С. 188-198.
2. Форсайт, Д. Компьютерний зір. Сучасний підхід [Текст]: пер. с англ. / Д.Форсайт, Ж. Понс – М.: Видавничий дім «Вільямс», 2004. – 928 с.
3. Лукьяница, А.А. Цифровая обработка видеоизображений [Текст] / А. Лукьяница, А. Шишкин – М: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009 – 511 с.
4. Канканхалі, А. Сегментація потокового відео [Текст] / А. Канканхалі, В. Смоляр – Нью-Йорк: Мультимедійні системи, 2003. – 10-28 с.
5. Chien S. Y. et al. Fast video segmentation algorithm with shadow cancellation, global motion compensation, and adaptive threshold techniques //Multimedia, IEEE Transactions on. – 2004. – Т. 6. – №. 5. – С. 732-748.
6. Wei S. et al. Motion detection based on optical flow and self-adaptive threshold segmentation //Procedia Engineering. – 2011. – Т. 15. – С. 3471-3476.
7. Christodoulou L., Kasparis T., Marques O. Advanced statistical and adaptive threshold techniques for moving object detection and segmentation //Digital Signal Processing (DSP), 2011 17th International Conference on. – IEEE, 2011. – С. 1-6.
8. Al-Amri S. S. et al. Image segmentation by using threshold techniques //arXiv preprint arXiv:1005.4020. – 2010.



Гренджа В.І., Брила А.Ю., Антосяк П.П.  
ДВНЗ “Ужгородський національний університет”  
grendzha@ukr.net, brila\_andrij@ukr.net, antosp@ukr.net

## ПРО ДОСЯЖНІСТЬ НЕЧІТКИХ ЦІЛЕЙ У ЗАДАНІЙ СУБОРДИНАЦІЇ СТРОГОГО РАНЖУВАННЯ

Пропонується підхід до розв’язання задачі із нечіткими цілями [1,2] для випадку, коли нечіткі цілі упорядковано за важливістю, тобто на множині відповідних функцій належностей задано субординацію строгого ранжування.

Розглядається випадок, коли універсальна множина альтернатив (розв’язків)  $X \subset Z$ . Кожна нечітка ціль подається відповідною функцією належності ([1])

$$\mu_i(x), i = 1, 2, \dots, q, \text{ де } 0 \leq \mu_i(x) \leq 1, i = 1, 2, \dots, q.$$

Нечіткі цілі упорядковано за важливістю, тобто на множині відповідних функцій належностей задано субординацію строгого ранжування  $Rg(1, 2, \dots, q)$ . Позначимо  $\kappa^L$  критерій, що є векторною згорткою критеріїв  $\mu_i, i = 1, 2, \dots, q$  у субординації  $Rg(1, 2, \dots, q)$  з векторною цільовою функцією

$$F(x) = (\mu_1(x), \mu_2(x), \dots, \mu_q(x)).$$

Задача знаходження непокрещуваного розв’язку у заданій субординації строгого ранжування є задачею лексикографічної оптимізації [3]:

$$\max^L F(x), x \in X. \quad (1)$$

Для випадку  $\mu_i(x) \in \{0, 1\}, x \in X, i \in \{1, 2, \dots, q\}$  розглядається наступна задача однокритеріальної оптимізації зі скалярною цільовою функцією

$$\max L(x), x \in X, \quad (2)$$

$$\text{де } L(x) = \sum_{i=1}^q \alpha_i \mu_i(x), \alpha_q > 0, \alpha_i > \sum_{l=i+1}^q \alpha_l, i = q-1, q-2, \dots, 1.$$

**Теорема 1.** Розв’язок задачі (2) є розв’язком задачі (1).

Далі досліджено випадок, коли коефіцієнти нечіткості  $a_i, b_i, c_i, d_i, i = 1, 2, \dots, q$  функцій належності нечітких цілей є цілочисловими. Нехай  $X^{**}$  – множина оптимальних розв’язків відповідної лексикографічної задачі оптимізації (1). При цьому розглядається наступна задача однокритеріальної оптимізації зі скалярною цільовою функцією

$$\max Z(x), x \in X, \quad (3)$$

$$\text{де } Z(x) = \sum_{i=1}^q \beta_i \mu_i(x), \beta_q > 0, \beta_i > \frac{1}{\alpha_i} \sum_{l=i+1}^q \beta_l, i = q-1, q-2, \dots, 1, \alpha_i = \min_{\mu_i(x) \neq \mu_i(y)} |\mu_i(x) - \mu_i(y)|, i = 1, 2, \dots, q.$$

Позначимо через  $\bar{X}^{**}$  множину оптимальних розв’язків задачі (3).

**Теорема 2.** Якщо  $x^* \in \bar{X}^{**}$ , то  $x^* \in X^{**}$ .

## Література

1. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.
2. Беллман Р. Принятие решений в расплывчатых условиях / Беллман Р., Заде Л. — В кн.: Вопросы анализа и процедуры принятия решений. — М.: Мир — 1976. — С. 172-215.
3. Червак Ю.Ю. Оптимізація. Непокрещуваний вибір / Ю.Ю. Червак – Ужгород: Ужгород. нац. ун-т, 2002. – 312 с.

**Григорків В.С., Іщенко С.В.**  
Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича,  
e-mail: [vasyl.hryhorkiv@gmail.com](mailto:vasyl.hryhorkiv@gmail.com)

## **МОДЕЛІ РИНКУ ЗЕМЛІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ: АПРОБАЦІЯ ТА АДЕКВАТНІСТЬ**

На сьогоднішній день ринок землі сільськогосподарського призначення є одним із найбільш актуальних об'єктів дослідження в економіко-математичному моделюванні. Авторами розроблено комплекс моделей впливу ринку землі сільськогосподарського призначення на економічну динаміку. До цих моделей належать моделі ринкової поведінки власників землі сільськогосподарського призначення, економіки у розширеній системі показників економічної структури суспільства та цін, економічної динаміки в умовах суттєвого впливу на ринок виробничих фондів аграрного сектора, економіки з урахуванням трансакційних витрат на ринок землі сільськогосподарського призначення та їх модифікації, зокрема узагальнена модель, яка в певному сенсі об'єднує названі вище моделі [1-3].

Зазначимо, що вказані моделі враховують економічну структуру суспільства, тобто вони описують також соціально-економічну взаємодію та її наслідки для різних суспільних груп, що є учасниками економіки.

У математичному плані всі ці моделі є системами диференціальних рівнянь, доповненими початковими умовами для динамічних змінних кожної з моделей. Всі моделі є імітаційними, тобто призначені для експериментального дослідження реальних економічних систем із ринком землі сільськогосподарського призначення. Їх складність полягає в тому, що вони складаються із кількох десятків співвідношень і залежать від багатьох параметрів та функцій, що суттєво впливають на розв'язки моделей. У зв'язку з цим питання апробації та адекватності моделей є надзвичайно важливими і першочерговими при їх практичному застосуванні. Нижче ці питання досліджені на основі узагальненої моделі для значень параметрів і функцій регіонального рівня, хоча всі моделі можуть служити інструментарієм для вивчення процесів формування та становлення ринку землі сільськогосподарського призначення як на регіональному – так і на макрорівні.

Результати цього дослідження підтвердили адекватність моделі та відповідність її розв'язків до реальних статистичних даних, що відображають економіку регіону, а також експертних висновків та висновків, отриманих на основі імітаційних експериментів.

Інакше кажучи, модель як гомоморфний образ об'єкта моделювання достатньо «добре» описує об'єкт. Точність цього наближення залежить від особливостей моделі та сфери її застосування, хоча на практиці модель вважають точною, якщо вона придатна для розв'язування конкретної практичної задачі. У даній роботі проаналізовані також питання, пов'язані з методами перевірки моделі на адекватність.

### **Література**

1. Іщенко С. В. Моделювання економіки з урахуванням економічної структури суспільства та ринку землі / С. В. Іщенко // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. – Чернівці, 2011. – Вип. II (42). Економічні науки. – Частина I. – С. 111–120.
2. Іщенко С. В. Моделювання ринку землі сільськогосподарського призначення / С. В. Іщенко // Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту. – Чернівці, 2011. – Вип. IV (44). Економічні науки. – С. 396–403.
3. Григоркив В. С. Моделирование экономики с учетом становления рынка земли сельскохозяйственного назначения. Часть 1 / В. С. Григоркив, С. В. Ищенко, М. В. Григоркив // Проблемы управления и информатики [Текст] : Междунар. науч.-техн. журн. / НАНУ, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова ; ред. В. Кунцевич, 2014. – № 3. – С. 128–137.

Григорків М.В.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
[GmvMarichka@gmail.com](mailto:GmvMarichka@gmail.com)**ДО ПИТАННЯ ПРО ПОБУДОВУ ТА АДЕКВАТНІСТЬ  
МОДЕЛЕЙ ЕКОНОМІЧНОЇ ДИНАМІКИ**

Економічні, еколого-економічні, соціо-еколого-економічні системи належать до розряду складних динамічних систем, дослідження яких можливе лише у певних скінченновимірних фазових просторах, вибраних для моделювання. Відповідні змінні таких просторів мають конкретне змістове значення, тобто відображають реальні економічні, еколого-економічні чи соціально-економічні показники, динаміка яких фактивно описує у певному сенсі динаміку відповідної системи. Оскільки будь-яка модель динамічної системи є гомоморфною проекцією об'єкта дослідження на вибраний фазовий простір, то питання побудови та адекватності кожної з таких моделей слід розуміти та вивчати лише в межах конкретного простору змінних.

Нижче йдеться про достатньо загальний клас моделей економічної динаміки, які можна формалізувати співвідношеннями

$$\dot{x}_i = f_i(x) - \varphi_i(x), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

$$x_i(t_0) = x_i^{(0)}, \quad i = \overline{1, n},$$

(2)

де  $x = (x_1, \dots, x_n)^T \in \square^n$  ( $x_i$  –  $i$ -та динамічна змінна,  $\square^n$  –  $n$ -вимірний векторний (точковий) простір,  $T$  – операція транспонування);  $f_i(x)$  та  $\varphi_i(x)$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – скалярні невід'ємні функції, які у конкретних моделях описують відповідно доходи і витрати або попит і пропозицію, що є характерними складовими для більшості моделей економіки;  $x_i^{(0)}$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – початкові значення динамічних змінних у момент  $t_0$ ,  $\dot{x}_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) – граничні прирости або швидкості зміни динамічних змінних. При побудові моделей класу (1), (2) та під час перевірки їх на адекватність слід враховувати одну принципову особливість, яка полягає у тому, що за своєю економічною природою функції  $f_i(x)$  та  $\varphi_i(x)$  ( $i = \overline{1, n}$ ) є «близькими» між собою (наприклад, обсяги виробництва планують так, щоб вони відповідали наявному платоспроможному попиту, а витрати у той чи інший спосіб узгоджені чи спів вимірні з доходами). Отже, для підвищення рівня адекватності моделей (1), (2) потрібно домогтися цієї «близькості» складових елементів  $f_i(x)$  та  $\varphi_i(x)$  ( $i = \overline{1, n}$ ), тобто найперше забезпечити виконання економічних критеріїв, хоча процес ідентифікації моделей передбачає також виконання і інших, зокрема певних математичних критеріїв, що також є непростим етапом моделювання економічної динаміки.

Зустрічаються також інші питання, пов'язані з параметризацією та верифікацією моделей класу (1), (2). Це питання співвимірності часових періодів, що характеризують доходи і витрати, попит і пропозицію тощо, наприклад тривалість виробничого циклу відповідного товару та циклу його споживання зазвичай різняться, а інколи досить суттєво. Узгодження таких часових періодів та однозначна змістова конкретизація змінної часу потрібні у тому випадку, коли ця процедура істотно покращує адекватність моделі.

У даній роботі аналізуються вищезазначені та інші питання розробки моделей економічної динаміки, що є характерними для моделей класу (1), (2) та часто зустрічаються у теоретичних і прикладних дослідженнях проблем, пов'язаних з економічною динамікою та її специфікою.

**Гринберг Г.Л., Любчик Л.М.**Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
[glngrinberg@gmail.com](mailto:glngrinberg@gmail.com), [lyubchik.leonid@gmail.com](mailto:lyubchik.leonid@gmail.com)**РАНЖИРОВАНИЕ АБИТУРИЕНТОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО КРИТЕРИЯ  
ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ИХ ПОДГОТОВКИ**

Любая система конкурсного зачисления абитуриентов в высшие учебные заведения предполагает необходимость их ранжирования на основе показателей уровня подготовки. При этом степень подготовленности абитуриента характеризуется целым набором показателей: результаты ВНО, средний балл аттестата, результаты обучения на подготовительных отделениях, оценки достижений на олимпиадах и т.д. Формально задача ранжирования абитуриентов при поступлении в высшие учебные заведения - это игровая задача многокритериального упорядочивания. Абитуриенты ранжируют специальности и ВУЗы в соответствии с их предпочтениями. «Волны» зачисления – искусственный механизм выявления предпочтений абитуриентов. ВУЗы ранжируют абитуриентов на основе суммы рейтинговых оценок. В то же время механизм выявления предпочтений ВУЗов отсутствует.

Для осуществления ранжирования необходимо для каждого абитуриента выполнить стандартизацию оценок отдельных частных показателей с последующим преобразованием полученных стандартизированных оценок в один комплексный (интегральный) показатель. В настоящее время стандартизация оценок осуществляется путем приведения полученных абитуриентом тестовых баллов к рейтинговой шкале «100-200» на основе метода эквипроцентилей, а формирование комплексного показателя – путем прямого суммирования стандартизированных оценок. Использование этого подхода порождает целый ряд проблем, связанных, прежде всего, с принятой процедурой преобразования тестовых баллов в рейтинговые. Из них наиболее существенными являются проблема сопоставимости оценок, полученных в разных сессиях и проблема назначения пороговых оценок, то есть минимально возможных оценок, дающих право на поступление.

С целью повышения объективности ранжирования и учета относительной важности отдельных показателей с точки зрения успешности дальнейшего обучения предлагается использование комплексного интегрального показателя, определяемого путем суммирования стандартизированных оценок отдельных частных показателей с определенными весовыми коэффициентами. При этом в качестве стандартизированных оценок частных показателей, характеризующих уровень подготовки абитуриента по каждому из направлений оценивания, предлагается использовать относительные показатели, рассчитываемые в процентах (в долях) от максимально возможного значения соответствующей оценки и отражающие фактический уровень подготовки абитуриента.

Такой подход позволяет также вычислять комплексный показатель как взвешенную сумму стандартизированных баллов аттестата и среднего балла аттестата и учитывать значимость каждого компонента при помощи весовых коэффициентов. Предлагаемая методика определения весовых показателей предполагает оптимальное согласование экспертных оценок весовых коэффициентов со статистическими оценками степени влияния отдельных составляющих комплексного показателя на качество последующего обучения, для получения которых используются данные о результатах оценивания знаний абитуриентов прошлых лет и данные об успешности их последующего обучения.

Одним из хорошо известных и широко используемых на практике подходов к сравнительной оценке и упорядочиванию объектов (альтернатив) в задачах многокритериального принятия решений является построение так называемой оценочной функции (интегрального показателя), аппроксимирующей функцию предпочтения экспертов и позволяющей свести множество частных показателей (критериев) к одному обобщенному [1,2]. На практике достаточно часто используются модели оценочных функций в виде линейной свертки частных показателей, в которой веса задаются экспертами. Альтернативой является непосредственная экспертная оценка некоторого комплексного обобщенного показателя на

основе наблюдаемых (измеряемых) значений частных показателей. Возможное противоречие между экспертными оценками весов частных критериев в их линейной свертке и экспертными оценками интегральных показателей разрешается с помощью процедур оптимального согласования [3], позволяющих осуществить одновременную коррекцию экспертных оценок весов частных показателей и оценок обобщенного показателя с целью выработки согласованного решения.

Предлагаемая методика нахождения весовых коэффициентов частных показателей при построении интегрального показателя для ранжирования абитуриентов на основе процедуры оптимального согласования экспертных оценок [3,4] включает в себя три этапа:

1. Оценивание весовых коэффициентов  $w_i^э$  группой экспертов. При этом могут использоваться следующие общепринятые процедуры экспертного оценивания:

– непосредственное оценивание весовых коэффициентов группой экспертов на основе их собственных предпочтений (выставление экспертных баллов, характеризующих важность частных показателей в соответствии с предпочтениями экспертов, с их последующим усреднением, нормировкой и оценкой согласованности мнений экспертов путем вычисления коэффициента конкордации);

– оценивание экспертами относительной важности частных показателей путем процедуры попарных сравнений с формированием матрицы парных сравнений и последующим вычислением весовых коэффициентов на основе метода анализа иерархий.

2. Вычисление статистических оценок весовых коэффициентов  $w_i^{СТ}$  на основе статистического анализа влияния частных показателей уровня подготовки абитуриентов на успешность их дальнейшего обучения. В качестве исходных данных используются таблица статистических данных, включающих в себя, для каждого зачисленного в вуз абитуриента, значения частных показателей оценивания их уровня подготовки при поступлении и средний балл по первым двум сессиям, трактуемый как измеряемое значение интегрального показателя. В предположении, что указанный средний балл является линейной функцией частных показателей с коэффициентами степени влияния, трактуемыми как веса относительной важности частных показателей, их определение сводится к стандартной задаче линейной регрессии с учетом ограничений на весовые коэффициенты.

3. Вычисление окончательных оценок весовых коэффициентов на основе процедуры оптимального согласования оценок, полученных на первых двух этапах, а именно, экспертных оценок весовых коэффициентов и их статистических оценок на основе анализа степени влияния на качество дальнейшего обучения. При этом окончательные значения весовых коэффициентов определяются по формуле:

$$w_i = \alpha w_i^э + (1 - \alpha) w_i^{СТ}, \quad i = \overline{1,5},$$

где  $0 < \alpha < 1$  – коэффициент, определяющий степень доверия к экспертным оценкам.

## Литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. - М.: ЮНИТИ, 1998. - 393 с.
2. Литвак Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. - 265 с.
3. Стрижов В.В. Согласование экспертных оценок при построении интегральных индикаторов // Дисс. на соискание уч. степени канд. физ.-мат. наук, Москва, ВЦ РАН, 2002.
4. Любчик Л.М., Гринберг Г.Л. Оптимальное согласование экспертных оценок в задачах нелинейной свертки критериев // Праці IV Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень». -Ужгород, УжНУ, 2008.- с.107-109.

### ФОРМАЛІЗАЦІЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАДАЧ ВИБОРУ ОДНОГО КЛАСУ

Розглядається підхід до постановки і розв'язання задачі пошуку альтернатив, що належать ядру досліджуваного відношення. Це відношення визначається на основі значень заданої множини частинних критеріїв і якісних експертних оцінок, які вказують на степінь переваги альтернатив з виділеної підмножини при їх попарному порівнянні чи на основі рангових оцінок.

Формалізуються проблеми пошуку оптимальних варіантів розв'язку (альтернатив) у випадку, коли значення заданих критеріїв оптимальності можуть бути визначені на основі експертних оцінок, що мають порядковий характер. Предметом досліджень стали задачі групового вибору, розв'язування яких здійснюється за умов, що:

- \* описана множина (допустимих) варіантів розв'язків (*альтернатив*);
- \* визначений набір *якісних критеріїв*, згідно яких здійснюється оцінювання кожної альтернативи;
- \* сформований колектив фахівців, з числа яких при розв'язуванні конкретної задачі вибору може формуватися *експертна група*.

Такі задачі часто зустрічаються при стратегічному плануванні та управлінні, виробничій та комерційній діяльності, проектуванні та виготовленні систем і об'єктів, проведенні складних експертиз та конкурсів, в економіці, соціології та в інших сферах застосування методів теорії прийняття рішень

Нехай задана скінчена множина альтернатив  $X$ . Задачі вибору у загальному випадку полягають у побудові на основі значень заданої множини відношень  $U_i$ , що визначаються експертами, агрегованого відношення  $U$  і в пошуку такої підмножини  $\bar{X} \subseteq X$ , що

$$\bar{X} = \text{Kern}(X, U). \quad (1)$$

На практиці частіше ставиться задача знаходження хоча б одного елемента  $x \in \text{Kern}(X, U)$ .

Нагадаємо, що коли множина всіх максимальних елементів зовні стійка в системі  $(X, U)$ , то вона називається *ядром відношення*  $U$  в  $X$  і позначається  $\text{Kern}(X, U)$ .

Задачі вибору однієї з декількох можливих альтернатив чи впорядкування та вибір декількох кращих охоплюють широкий клас проблем, які мають значний теоретичний інтерес та різноманітні сфери застосувань [1].

Якщо припустити, що відома множина всіх можливих відношень  $\mathfrak{R} = \{S\}$  і для кожної пари відношень  $Y, Z \in \mathfrak{R}$  задана величина  $\rho(Y, Z)$ , що визначає відстань між ними, то, згідно [2], задачі вибору, які розглядаються, можна подати так: необхідно знайти елемент  $W \in \mathfrak{R}$  такий, що

$$W = \arg \min_{U \in \mathfrak{R}} \sum_{i=1}^k \rho(U, U_i). \quad (2)$$

Існують різні способи подання відношень  $U_i$ , які в нашому випадку ототожнюються з ранжуваннями. У [2] пропонується подавати такі ранжування квадратною матрицею упорядкувань  $A = (\alpha_{ij})$ ,  $i, j \in I = \{1, \dots, n\}$ ,

$$\alpha_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i \text{ переважає } j, \\ -1, & \text{якщо } j \text{ переважає } i, \\ 0, & \text{якщо } i \text{ та } j \text{ рівноцінні.} \end{cases}$$

Для того, щоб така матриця  $A$  була матрицею упорядкування, тобто щоб їй єдиним чином відповідало деяке ранжування, необхідне виконання ще ряду додаткових умов. Ця обставина ускладнює розробку і реалізацію обчислювальних алгоритмів розв'язування досліджуваних задач; крім того, потрібні досить суттєві затрати оперативної пам'яті. Тому для

формалізації виділеного класу задач вибору (1) пропонується підхід, започаткований в роботі [3].

Подамо упорядкування елементів множини  $X$  вектором  $r = (r_1, \dots, r_n)$ , що називається стандартним ранжуванням, де  $r_i$  – ранг елемента  $x_i \in X$ ,  $i \in I$ .

Цей вектор рангів повинен задовольняти таким умовам:

1)  $r_i > 0$ ,  $i \in I$ ;

2) існує індекс  $s \in I$  такий, що  $r_s = 1$ ;

3) для будь-якого індексу  $j \in I \setminus \{s\}$  існує індекс  $i \in I \setminus \{j\}$  такий, що виконується рівність  $r_j - r_i = 1$ .

Позначимо  $\Omega$  множину всіх упорядкувань  $n$  об'єктів, заданих за допомогою матриці упорядкування, а множину всіх ранжувань стандартного вигляду позначимо через  $P$ . Можна показати, що множини  $\Omega$  і  $P$  ізоморфні, тобто існує взаємно однозначне відображення з  $\Omega$  в  $P$ .

Розв'язок задачі (2) у просторі  $\Omega$  прийнято називати медіаною Кемені-Снелла. Відзначимо, що вказана постановка є частковим випадком відомої в комбінаторній оптимізації задачі Вебера [4].

Сутність запропонованого підходу полягає в тому, що на множині стандартних ранжувань  $P$  задається метрика  $d(r, q)$ ,  $r, q \in P$ , а шукане ранжування  $x^* \in P$  визначається як таке ранжування, що

$$x^* = \arg \min_{x \in P} \sum_{i=1}^k d(x, y^i), \quad (3)$$

де  $y^i$  – ранжування  $i$ -го експерта,  $k$  – число експертів у групі.

Виникає питання про те, скільки може бути способів задання такої метрики. Виявляється, при введенні деяких природних аксіом можна запропонувати метрику, яка буде єдино можливою.

Будемо казати, що ранжування  $q = (q_1, \dots, q_n)$  лежить між стандартними ранжуваннями  $r = (r_1, \dots, r_n) \in P$  та  $p = (p_1, \dots, p_n) \in P$ , якщо для всіх  $i \in I$  має місце  $r_i \leq q_i \leq p_i$  або  $p_i \leq q_i \leq r_i$ . Також будемо вважати, що стандартні ранжування  $r^1, \dots, r^s$  знаходяться на прямій, якщо для будь-яких  $1 \leq i < j < t \leq s$  має місце або  $r_t^i \leq r_t^j \leq r_t^m$ , або  $r_t^i \geq r_t^j \geq r_t^m$ ,  $t \in I$ .

Відстань між стандартними ранжуваннями повинна задовольняти геометричним властивостям відстані, які виражаються такою аксіомою.

**Аксіома 1.** 1)  $d(r, p) \geq 0$ ,  $r, p \in P$ , причому рівність досягається тоді і тільки тоді, коли  $r = p$ .

2)  $d(r, p) = d(p, r)$ ,  $r, p \in P$ .

3)  $d(r, q) + d(q, p) \geq d(r, p)$ ,  $r, p, q \in P$ , причому рівність досягається тоді і тільки тоді, коли стандартне ранжування  $q$  лежить між  $r$  і  $p$ .

Були додатково введені такі аксіоми.

**Аксіома 2.** Якщо  $r, r', p, p' \in P$ , причому якщо  $r'$  отримується з  $r$  деякою транспозицією компонентів, а  $p'$  із  $p$  – тією ж транспозицією, то  $d(r', p') = d(r, p)$ .

**Аксіома 3.** Якщо  $r, p \in P$  і  $r_i = p_i$ ,  $i = i_1, i_1 + 1, \dots, i_t$ ,  $1 \leq i_1 \leq i_t \leq n$ ,  $t < n$ , то відстань між стандартними ранжуваннями  $r$  і  $p$  дорівнює відстані між векторами  $\{r_i \mid i \in I \setminus \{i_1, i_1 + 1, \dots, i_t\}\}$  та  $\{p_i \mid i \in I \setminus \{i_1, i_1 + 1, \dots, i_t\}\}$ , тобто так, якщо б ми розглядали упорядкування лише об'єктів з номерами  $i \in I \setminus \{i_1, i_1 + 1, \dots, i_t\}$ .

Вектор  $(r_i)$ ,  $i = i_1, i_1 + 1, \dots, i_t$ ,  $1 \leq i_1 \leq i_t \leq n$ ,  $t < n$ , пропонується називати сегментом стандартного ранжування  $r \in P$ .

**Аксіома 4.** Мінімальна додатна відстань дорівнює 1.

Показано, що в просторі  $P$  існує єдина відстань, яка задовольняє вищезгаданим аксіомам. Для цього доведені такі допоміжні твердження.

**Лема 1.** Якщо  $r^1, \dots, r^s \in P$  ( $s > 2$ ) знаходяться на прямій, то  $d(r^1, r^s) = d(r^1, r^2) + \dots + d(r^{s-1}, r^s)$ .

**Лема 2.** При  $n = 2$  всі відстані визначені аксіомами 1-4.

Для формулювання наступної леми потрібні деякі означення. Стандартне ранжування називається строгим, якщо воно не містить рівнозначних компонентів. Очевидно, що у строгого ранжування  $\max\{r_i | i \in I\} = n$ . Нульовим називається ранжування  $e = (1, \dots, 1)$ .

**Лема 3.** Для будь-якого строгого стандартного ранжування  $r \in P$  має місце  $d(r, e) = n(n-1)/2$ .

Будемо казати, що стандартне ранжування  $r \in P$  задане у канонічній формі, якщо величини  $r_i, i \in I$ , упорядковані за зростанням.

**Лема 4.** Якщо ранжування  $e$  не лежить між стандартними ранжуваннями  $r^1$  і  $r^2$ , то існують стандартні ранжування  $r^3, r^4$  такі, що  $r^1, r^2, r^3, r^4$  лежать на прямій, причому кожне ранжування отримується з попереднього зміною сегмента.

Використовуючи наведені вище леми, і доведено теорему про єдність відстані, введеної визначеним чином.

**Теорема 1.** Аксиоми однозначно визначають відстань у просторі  $P$  між будь-якими стандартними ранжуваннями  $r^A, r^B \in P$  за формулою

$$d(r^A, r^B) = \sum_{i=1}^n |r_i^A - r_i^B|. \quad (4)$$

Можна показати, що медіана Кемени-Снелла в просторі  $\Omega$  і оптимальне ранжування, знайдене згідно (3) на множині  $P$ , задають різні стандартні ранжування, і, відповідно, упорядкування.

Розглянемо умови існування і єдиності розв'язку. Грунтуючись на використанні поняття  $d$ -квазіопуклості функцій, введеному вперше в [5] для дослідження задач комбінаторної оптимізації і розвинуеному в [6], були поширені і узагальнені деякі поняття опуклого аналізу на задачі вибору, що розглядаються.

Припускається, що множина припустимих альтернатив  $X$  є частиною деякого більш загального простору варіантів  $Z: X \subseteq Z$ . У якості такого простору  $Z$  можуть виступати, наприклад, цілочислові ґратки, простори перестановок або розміщень, булеан і т.п. Нехай на  $Z$  визначена деяка метрика  $d: Z \times Z \rightarrow E^+ = \{e \geq 0 | e \in E^1\}$ , а  $\inf d(x, y) > 0, \forall x \neq y, x, y \in Z$ .

**Означення 1.** Назвемо  **$d$ -відрізком**  $/x, y/$ , що з'єднує довільні дві точки  $x, y \in Z$ , упорядковану сукупність точок  $x_i \in Z, i=1, \dots, k$ , які задовольняють умові

$$d(x, x_i) + d(x_i, y) = d(x, y), \quad i=1, \dots, k,$$

причому: 1)  $x_1 = x, x_k = y$ ,

$$2) d(x, x_i) < d(x, x_{i+1}), \quad i=1, \dots, k-1,$$

3) не існує такої точки  $z \in Z$ , що виконується рівність  $d(x_i, z) + d(z, x_{i+1}) = d(x, x_{i+1})$ , якщо  $z \neq x_i, z \neq x_{i+1}, i=1, \dots, k-1$ .

Відповідно,  $d$ -інтервалом  $\langle x, y \rangle$  назвемо упорядковану сукупність  $/x, y/ \setminus \{x, y\}$ .

**Означення 2.** Область  $X \subseteq Z$  називається  **$d$ -опуклою**, якщо вона разом з усіма своїми точками  $x, y$  містить також хоча б один відрізок  $/x, y/$ .

**Означення 3.** Будемо казати, що задана функція  $f(x), x \in X$ , є  **$d$ -квазіопуклою**, якщо для всіх точок  $x, y \in X$  існує відрізок  $/x, y/ \subseteq X$  такий, що для всіх  $z \in /x, y/$

$$f(z) \leq \max\{f(x), f(y)\}. \quad (5)$$

**Означення 4.** Якщо в формулі (5) для  $z \in \langle x, y \rangle$  виконується лише строга нерівність, а при  $\langle x, y \rangle = \emptyset$  рівність можлива лише в одній з точок  $x$  або  $y$ , то така функція називається **строго  $d$ -квазіопуклою**.

Будемо казати, що функція  $\varphi_R: X \times X \rightarrow E^1$  є функцією переваги бінарного відношення  $R \subseteq X \times X$ , якщо при  $\bar{R} = (X \times X) \setminus R$

$$\varphi_R(x, y) \begin{cases} > 0, \text{ якщо } xRy \wedge y\bar{R}x, \\ = 0, \text{ якщо } xRy \wedge yR\bar{x} \wedge x\bar{R}y \wedge y\bar{R}x, \\ < 0, \text{ якщо } x\bar{R}y \wedge yR\bar{x}. \end{cases}$$



Означення 5. Точка  $(\bar{x}, \bar{y})$  називається *сідловою точкою* функції  $\varphi_R$ , якщо

$$\varphi_R(\bar{x}, y) \geq \varphi_R(\bar{x}, \bar{y}) \geq \varphi_R(x, \bar{y}) \quad (6)$$

для всіх  $x, y \in X$ .

Розглянемо досить загальний випадок, коли функція переваг відношення  $R$  задається таким чином:

$$\varphi_R(x, y) = f(y) - f(x), \quad (7)$$

де  $f(x)$  – деяка функція.

Доведено наступні твердження.

**Теорема 2.** Якщо функція переваг бінарного відношення  $R$  визначається за формулою (7), а  $f(x) \in d$ -квазіопуклою на множині  $X \subseteq Z$ , то множна розв'язків задачі (1) –  $d$ -опукла.

**Теорема 3.**  $\text{Kern}(X, R) \neq \emptyset$  тоді і тільки тоді, коли функція переваг відношення  $R$  має сідлову точку (6).

**Теорема 4.** Якщо відношення  $R$  можна подати функцією  $f(x)$ , яка є строго  $d$ -квазіопуклою на  $X \subseteq Z$ , то розв'язок задачі (1) єдиний.

Таким чином, розглянуто важливий з точки зору практики випадок, коли  $X$  – метричний простір. У той же час, аналогічні результати можна отримати і для деяких інших типів просторів, наприклад, частково впорядкованих.

Пропонований підхід може використовуватися для побудови і уточнення математичних моделей багатокритеріальних оптимізаційних задач комбінаторного типу на основі групових експертних оцінок [7].

Розроблений математичний апарат також може бути покладений в основу інформаційних технологій розв'язання задач оптимального групового (колективного) вибору в прикладних програмних системах, системах підтримки прийняття рішень, системах автоматизації проектування і експертних системах [7-8].

## Література

1. *Mirkin B.G.* Group choice. – New Jersey : Wiley-Interscience, 1979. – 278 p.
2. *Кемени Д., Снелл Д.* Кибернетическое моделирование. Некоторые приложения. – М.: Сов. радио, 1972. – 192 с.
3. *Гуляницький Л.Ф., Волкович О.В., Малышко С.А.* Один подход к формализации и исследованию задач группового выбора // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – № 3. – С. 120–127.
4. *Drezner, Z., Klamroth, K., Schöbel, A. and Wesolowsky, G. O.* The Weber problem. Facility Location: Applications and Theory (eds Z. Drezner and H. W. Hamacher). – Berlin: Springer, 2002. – P. 1–36.
5. *Гуляницький Л.Ф.* Про деякі функціональні поняття в дискретних просторах // ДАН УРСР. Сер. А. – 1978. – N 10. – С. 870–873.
6. *Сергиенко И.В., Гуляницький Л.Ф.* Фронтальные алгоритмы для многопроцессорных ЭВМ // Кибернетика. – 1981. – №6. – С.1–4.
7. *Тоценко В.Г.* Методы и системы поддержки принятия решений. Алгоритмический аспект. – К.: Наукова думка, 2002. – 381 с.
8. *Collaborative Decision Making: Perspectives and Challenges* (ed. P.Zarate, J.P.Belaud, G.Camilleri, F.Ravat). – Amsterdam: IOS Press, 2008. – 504 p.

Гуляницький Л. Ф., Павленко А.І.  
 Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України  
 leonhul.icyb@gmail.com, dmitrieva.anya@gmail.com

## НАЛАШТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ АЛГОРИТМУ ПРОГНОЗУВАННЯ НА ОСНОВІ ГЕНЕТИЧНИХ АЛГОРИТМІВ

Еволюційні алгоритми формують клас методів пошуку, які ітераційно покращують якість кандидатів на розв'язок процедурами рекомбінації і відбором для виживання [1]. Завдяки універсальності обчислювальної схеми, можливостям паралельної реалізації і стійкості до шуму, генетичні алгоритми знаходять успішне практичне застосування при розв'язанні багатьох складних нелінійних багатовимірних задач оптимізації. В області еволюційного обчислення однією з найбільш складних і сталих проблем є пошук значень оптимальних параметрів через їх істотний вплив на продуктивність роботи алгоритму.

**Постановка задачі.** Необхідно знайти оптимальні параметри генетичного алгоритму для побудови бази правил, яка використовується для прогнозування часових рядів [2]. На етапі ініціалізації генетичного алгоритму формується правило (хромосома)  $\Omega_j$  довжини  $z$  ха значеннями заданого часового ряду  $F$ . Пропонується притримуватись пітсбурзького підходу подання популяції [3], тобто визначення параметру  $z \geq 1$  для всіх правил на етапі ініціалізації без подальшого контролю алгоритмом – в результаті операцій рекомбінації розмір правил змінюється індивідуально. Будемо подавати правила так:

$$\Omega_j = \text{if} \left( \bigcap_{i=1}^z \omega_i \right) \text{ then } \omega_c, \quad (1)$$

$$\omega = (F_s - F_k) \in [y_b, y_{b+1}), \quad (2)$$

$$y_b = \frac{F_{\max}}{m} \times b. \quad (3)$$

Правило  $\Omega_j$  є набором умов *if*  $\omega_i$  та результату *then*  $\omega_c$  (1),  $i$  – номер атомарного підправила,  $i = \overline{1, z}$ . Атомарне правило  $\omega_i$  є твердженням, що приріст в деяких точках часового ряду належить деякому інтервалу ранжування (2), де  $s, k$  – довільні моменти часу,  $y_b, y_{b+1}$  – дійсні числа (3),  $b = \overline{-m, m-1}$ ,  $F_{\max}$  – максимальне абсолютне значення прогнозу (від'ємне або додатне), що визначається експертним шляхом для даної моделі. Зазначимо, що індекси у підправилах є відносними і необхідні для визначення схеми розташування підправил відносно одне одного, тобто правила будуються без прив'язки до конкретних моментів часового ряду  $t$ .

Кількість інтервалів ранжування  $m$  часового ряду – параметр моделі, який налаштовується в залежності від абсолютних значень  $F$ , необхідній точності прогнозу та значення максимально допустимого  $F_{\max}$ . В результаті ранжування будується  $2m$  інтервалів (для від'ємних та додатних приростів). Варто зазначити, що алгоритм прогнозування на основі генетичних алгоритмів передбачає можливість оперування кількома часовими рядами для врахування причинно-наслідкових чинників складних систем. В такому випадку параметри  $F_{\max}$  і  $m$  необхідно налаштовувати індивідуально для кожного ряду.

При виконанні достатньої кількості генерацій традиційного генетичного алгоритму, вся популяція зазвичай збігається до околу єдиного розв'язку, навіть якщо задача має кілька розв'язків з еквівалентним значенням цільової функції [4]. Для прогнозування такий підхід є непридатним, оскільки необхідно отримати достатньо широку базу правил для побудови фінального прогнозу. З метою забезпечення диверсифікації пошуку розробляються стратегії побудови ніш [5], для реалізації якої в роботі пропонується ввести поняття подібності правил. Два правила є подібними, якщо відсоток подібних підправил  $\omega$  є більшим ніж заданий параметр моделі  $\sigma$ ,  $\sigma = \overline{1, \dots, 100}$ . Підправила  $\omega_1 = (F_{s_1} - F_{k_1}) \in [y_{b_1}, y_{b_1+1})$  і

$\omega_2 = (F_{s_2} - F_{k_2}) \in [y_{b_2}, y_{b_2+1})$  вважаються подібними, якщо виконуються умови (4)-(7), тобто: підправила мають схожий зсув відносно початкового індексу правила, покривають відрізок схожого розміру на часовому ряді, належать схожому інтервалу значень.

$$|s_1 - s_2| \leq \mathcal{G}, \quad \mathcal{G} = \overline{1, n} \quad (4)$$

$$|(s_1 - k_1) - (s_2 - k_2)| \leq \zeta, \quad \zeta = \overline{1, n}, \quad (5)$$

$$|b_1 - b_2| \leq \gamma, \quad \gamma = \overline{1, n} \quad (6)$$

$$s_1 > k_1, \quad s_2 > k_2, \quad s_1 = \overline{1, n}, \quad k_1 = \overline{1, n}, \quad s_2 = \overline{1, n}, \quad k_2 = \overline{1, n} \quad (7)$$

Для визначення якості правила застосовується значення ступеню пристосованості хромосоми  $\phi$ , яке включає значення частоти  $\varphi$  виконання правила  $\Omega_j$  на часовому ряді  $F$  і довжину правила  $z$ :

$$\phi = \begin{cases} \alpha z + (1 - \alpha)\varphi, & \varphi > \chi \\ 0, & \varphi \leq \chi \end{cases} \quad (8)$$

де  $\chi$  – параметр алгоритму для контролю мінімально допустимої частоти виконання правила,  $\alpha$  – параметр налаштування алгоритму.

До набору загальних параметрів генетичного алгоритму, які необхідно налаштувати, належать: розмір популяції, ймовірність мутації, кількість ітерацій, спосіб рекомбінації тощо. До набору параметрів запропонованого алгоритму прогнозування належать: початковий розмір правила  $z$ , кількість періодів ранжування часового ряду  $m$ , параметри визначення ступеню подібності правил  $\sigma$ ,  $\mathcal{G}$ ,  $\zeta$ ,  $\gamma$ , параметри для визначення ступеню пристосованості  $\chi$  і  $\alpha$ . Звичайно, деякі параметри можуть задаватись неперервними величинами, проте в даній роботі пропонується дискретизувати усі параметри з обраним експертним шляхом кроком. Дискретизація задачі пошуку оптимальних параметрів зводить її до задачі комбінаторної оптимізації.

**Математична модель задачі.** Введемо позначення:

$$\bar{x} = (x_1 \dots x_n), \quad (9)$$

$$f(\bar{x}) \xrightarrow{k \text{ експериментів}} \xi_{\min}(\bar{x}), \quad (10)$$

$$\bar{x}^* = \arg \min_{\bar{x} \in Y} f(\bar{x}), \quad (11)$$

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}, \quad (12)$$

$$\delta_i, i = \overline{1, n}. \quad (13)$$

$$MAPE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \frac{|\hat{F}_t - F_t|}{F_t} \times 100\%, \quad (14)$$

де  $\hat{F}_t$  – прогнозоване значення,  $F_t$  – фактичне значення,  $N$  – кількість точок для порівняння (наявний часовий ряд),  $t$  – момент часу,  $t = \overline{1, N}$ .

В результаті проведення  $k$  експериментів для кожного значення вектору параметрів  $\bar{x}$  (9) визначається значення мінімальної (10) або середньої помилки прогнозу  $MAPE$  (14). Необхідно знайти такий набір параметрів  $\bar{x}^*$ , щоб мінімізувати помилку прогнозу (11). Для кожного елемента вектору  $x_i$  задаються допустимі межі (12) та крок дискретизації  $\delta_i$  (13).

Таким чином, простором визначення параметру  $x_i$  є вектор допустимих значень  $M_i$ , а простором пошуку  $Y$  є набір векторів, тобто нерівномірна сітка допустимих значень:  $x_i \in \overline{M}_i$ ,  $\|Y\| = \overline{M}_1 \dots \overline{M}_n$ .

**Обчислювальний експеримент.** Вхідними даними є часовий ряд помісячних обсягів продажу медичних препаратів. Кількість проведених експериментів для кожної комбінації  $k = 50$ , період випередження прогнозу становить 12 місяців. Вхідний часовий ряд має сезонні коливання. Експерименти проводились без попереднього згладження для визначення здатності алгоритму будувати прогноз з врахуванням сезонності. Параметри моделі визначення ступеню пристосованості  $\chi = 1$ , розмір початкової популяції  $z = 1$  і кількість періодів ранжування  $m = 100$  були обрані за результатами попередніх досліджень і залишались сталими для зменшення часу розрахунку. Загальні параметри генетичного алгоритму були також сталими.

Розрахунки проводились повним перебором мовою програмування C# на віртуальній машині Microsoft Azure A8, призначеній для ресурсоемних обчислень, що має наступні характеристики: процесор Intel Xeon 2.5 Gh, 8 ядер, 56 ГБ оперативної пам'яті. В таблиці наведені кроки дискретизації та межі досліджуваних параметрів.

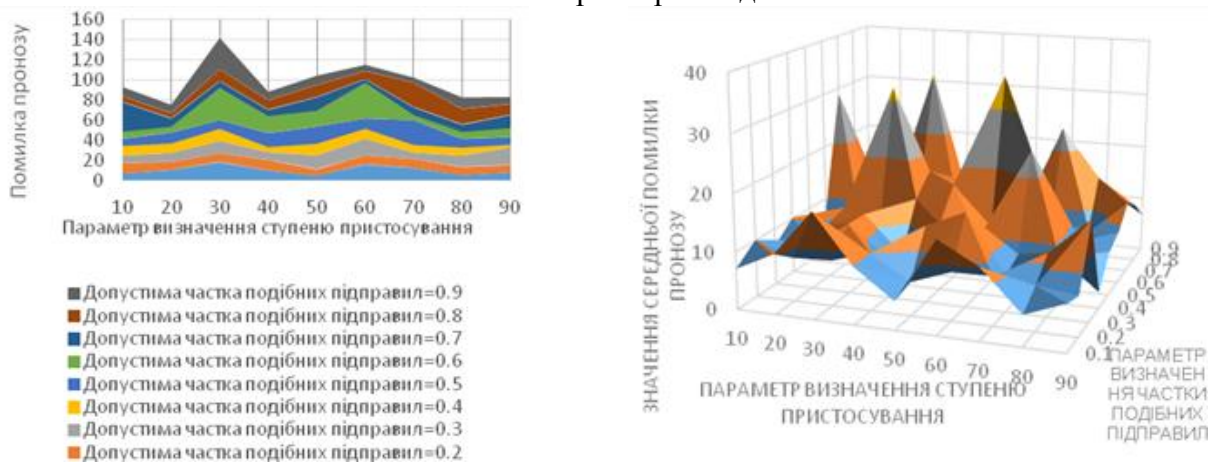
Таблиця. Крок дискретизації і межі параметрів генетичного алгоритму прогнозування

| Параметр моделі $x_i$                        | Крок дискретизації $\delta_i$ | Максимальне значення параметру $x_i^{\max}$ | Мінімальне значення параметру $x_i^{\min}$ |
|--|-------------------------------|---|--|
| Початковий розмір правила $z$                | 1                             | 10  | 1  |
| Кількість інтервалів ранжування $m$          | 100                           | 1000  | 100  |
| Параметр визначення подібності $\gamma$      | 1                             | 10  | 1  |
| Параметр визначення подібності $\sigma$      | 0.1                           | 1   | 0.1  |
| Параметр визначення подібності $\vartheta$   | 1                             | 10  | 1  |
| Параметр визначення подібності $\zeta$       | 1                             | 10  | 1  |
| Параметр визначення пристосованості $\alpha$ | 10                            | 100   | 0  |
| Параметр визначення пристосованості $\chi$   | 0                             | 1   | 1  |

На Рис. 1 наведено графіки залежності середньої помилки прогнозу  $MAPE$  від параметру визначення пристосованості  $\alpha$  і параметру визначення подібності  $\sigma$  – відсоток однакових (параметр визначення максимального відсотку однакових підправил) при зафіксованих мінімальних значеннях параметрів моделі. Графічно видно, що узагальнено найкращі результати досягнуті при  $\alpha = 20$ .

На Рис. 2 наведено графік залежності середньої помилки прогнозу  $MAPE$  від параметрів кількості допустимих подібних підправил у правилі  $\sigma$  і зсуву підправил відносно початку правила  $\vartheta$  при  $\alpha = 20$  та зафіксованих мінімальних значеннях інших параметрів моделі.

На Рис. 3 наведено графік залежності середньої помилки прогнозу  $MAPE$  від параметрів допустимої різниці інтервалів ранжування  $\gamma$  і допустимої різниці  $\zeta$  при  $\alpha = 20$ , та зафіксованих мінімальних значеннях інших параметрів моделі.



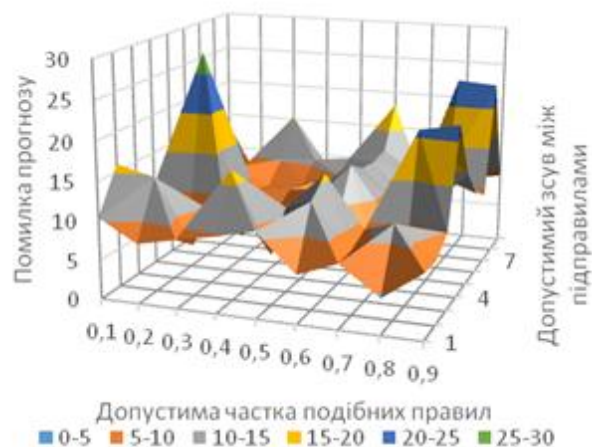
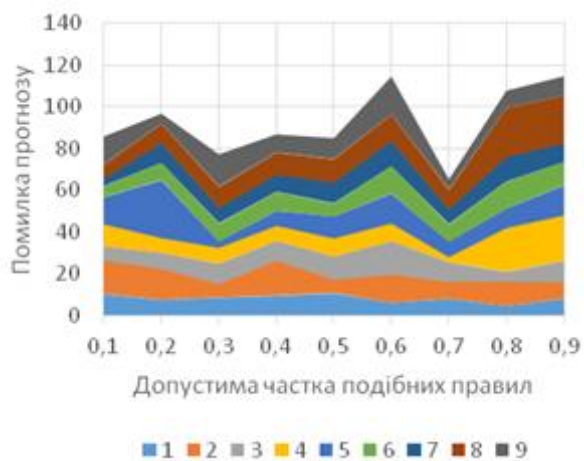


Рисунок 2 – Залежність середньої помилки від параметрів  $\sigma$  і  $\vartheta$

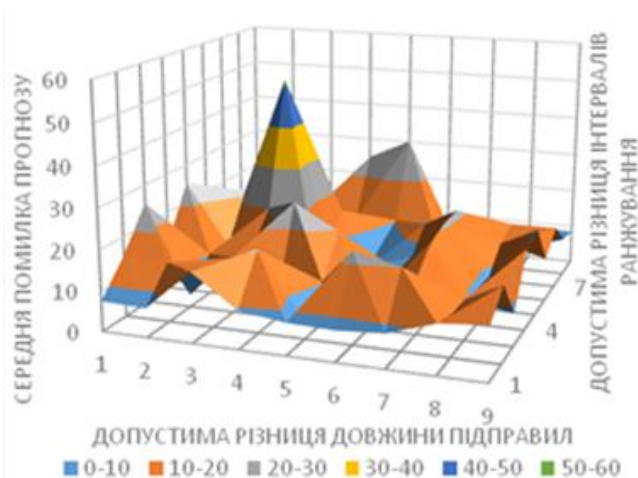
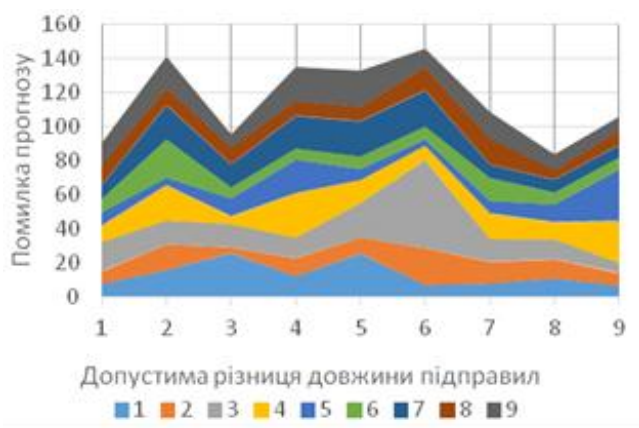


Рисунок 3 – Залежність середньої помилки від параметрів  $\gamma$  і  $\zeta$

**Висновки.** Досліджено важливі параметри моделі та алгоритму прогнозування на основі генетичного алгоритму: початкова довжина правил, параметри визначення подібності і пристосованості правил. Запропоновано математичну модель визначення оптимальних параметрів алгоритму прогнозування. Наведено і проілюстровано результати обчислювальних експериментів.

Темою подальших досліджень є вдосконалення способу визначення подібних правил, оптимізація загальних параметрів генетичного алгоритму, дослідження взаємовпливу параметрів алгоритму на результат прогнозу, зменшення часу пошуку оптимальних параметрів алгоритму, застосування алгоритму для прогнозування з врахуванням декількох часових рядів, що описують різні параметри економічних процесів.

### Література

1. Eiben A.E., Smit S.K. Evolutionary Algorithm Parameters and Methods to Tune Them. Autonomous Search (eds. Y. Hamadi, E. Monfroy, Saubion F.). – Berlin, Heidelberg: Springer, 2012. – P. 15-36.
2. Гуляницький Л.Ф., Павленко А.І. Розробка і дослідження еволюційних методів прогнозування/ Proc. 15-th Int. Conf. "System Analysis and Information Technologies" SAIT 2013 (May 27-31, 2013, Kyiv, Ukraine). – Kyiv: NTUU "KPI", 2013. – P. 261.
3. Mahfoud S.W. Financial Forecasting Using Genetic Algorithms. [Текст] / Sam Mahfoud, Ganesh Mani // Applied Artificial Intelligence. – USA, 1996. — P. 543-566.
4. Гладков Л.А. Генетические алгоритмы [Текст] / Л.А.Гладков, В.В.Курейчик, В.М.Курейчик / Под ред. Курейчика В.М. – 2-е вид., випр. і доп. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 320 с.
5. Mahfoud S.W. Niching methods for genetic algorithms. [Текст] / Mahfoud S.W. – Dissertation Abstracts International. – University Microfilms, 1995. – P. 251.

**\*Дідик О.О., \*\*Передерій В.І., \*Бардачов Ю.М.**

**\* Херсонський національний технічний університет**

**\*\* Миколаївський національний університет ім. В. О. Сухомлинського**  
**[olexii.didyk@gmail.com](mailto:olexii.didyk@gmail.com)**

**73008, м. Херсон, Бериславське шосе, 24, ХНТУ, кафедра інформатики і  
комп'ютерних наук, тел.: (050)9860950**

## **РОЗРОБКА ОНТОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ВИЯВЛЕННЯ АНОМАЛІЙ**

Як показує огляд існуючих підходів до вирішення проблеми виявлення аномалій [1], різноманітність прикладних областей, в яких виникає необхідність вирішення задачі виявлення аномалій, а також різноманітність характеристик даної задачі в цих предметних областях породило безліч різних методів виявлення аномалій. На сьогоднішній день не існує єдиного методу або підходу, який дозволив би успішно вирішувати дану задачу в якій-завгодно предметній області. З іншого боку, використання існуючих методів з одних предметних областей для вирішення даної задачі в інших предметних областях є непростим завданням.

У даній роботі запропоновано базову онтологію проблемної області виявлення аномалій, яка дозволить об'єднати і представити у формальному вигляді знання про проблему виявлення аномалій і методах її розв'язання в різних прикладних областях.

Онтологія – це спроба всеохопної і детальної формалізації деякої галузі знань за допомогою концептуальної схеми. Така схема, зазвичай, складається з ієрархічної структури даних, що містить всі релевантні класи об'єктів, їхніх зв'язків, теорем та обмежень, які прийняті у певній предметній області. Важливою перевагою онтології, як способу подання знань є те, що її однаково легко сприймає як людина, у вигляді, наприклад, графу, так і комп'ютерна техніка [2,3]

Формально онтологія складається з термінів (понять, концептів), організованих в таксономію, їхніх визначень і атрибутів, а також пов'язаних з ними аксіом і правил виведення. Концептуалізація – опис множини об'єктів і понять, знань про них і зв'язків між ними. Онтологією називається експліцитна специфікація концептуалізації [4]. Онтологія визначає загальний словник для користувачів, які спільно використовують інформацію про деяку предметну область (ПО). Потреба розробки онтологій виникає в наслідку наступних причин [5]:

- для сумісного використання людьми або програмними агентами загального розуміння структури інформації;
- для можливості повторного використання знань в предметній області;
- для того, щоб зробити допущення у ПО явними;
- для відділення знань ПО від оперативних знань;
- для аналізу знань ПО.

Розроблена онтологія повинна дозволити відповісти на наступні питання:

- В яких прикладних областях вирішується задача виявлення аномалій?
- Які характеристики визначають специфіку проблеми виявлення аномалій в різних прикладних областях?
- Які існують методи виявлення аномалій і в яких прикладних областях вони використовуються?

Зображена на малюнку 1 онтологія проблемної області виявлення аномалій є базовою, яка не відбиває всіх деталей, тобто дає узагальнене уявлення про набір понять проблемної області та структурі відносин між ними.

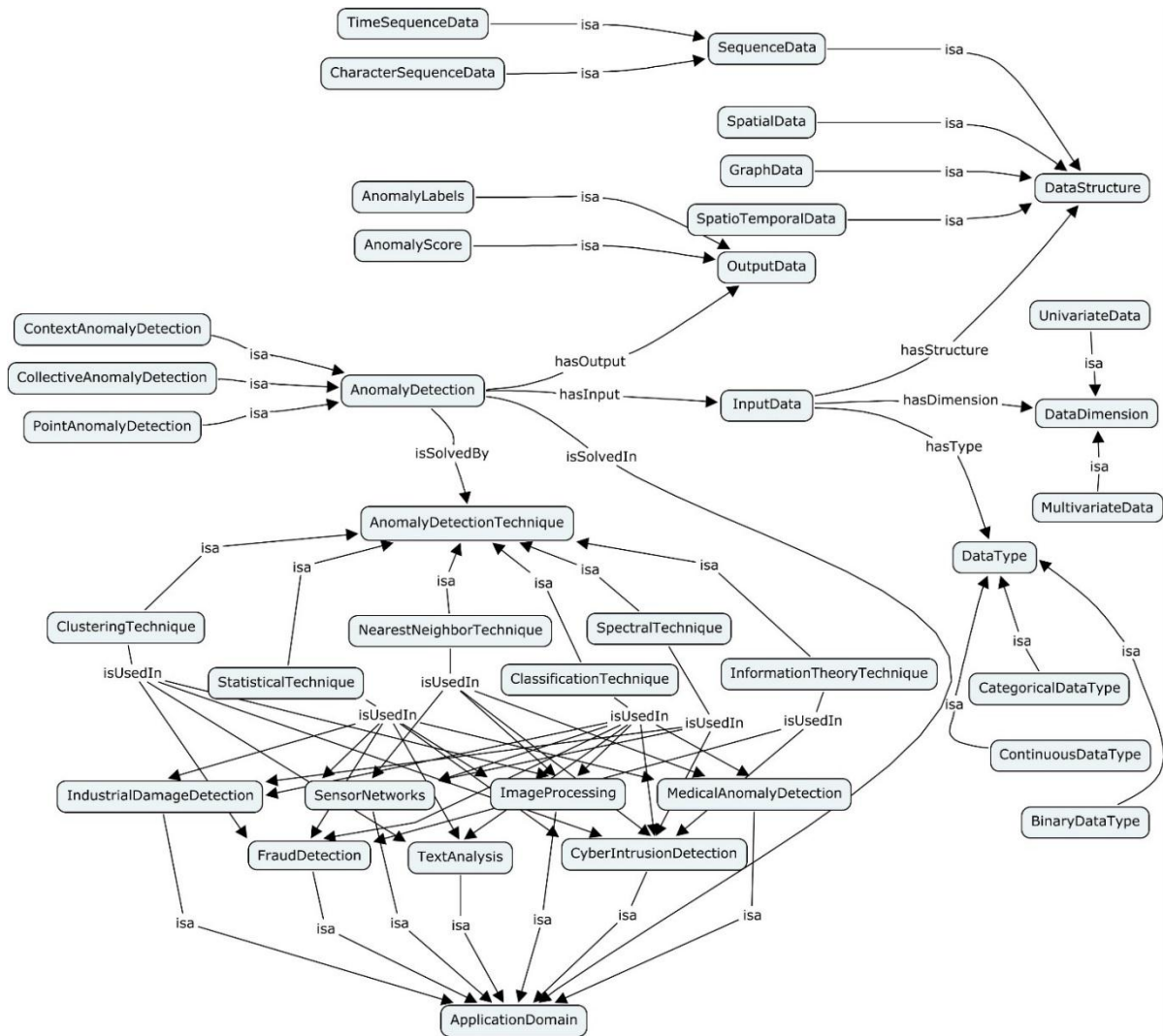


Рис. 1 – Онтологія виявлення аномалій

Запропонована онтологія, з урахуванням відповідного розширення та деталізації, служить основою для розробки загального, не залежного від прикладної області, знання-орієнтованого підходу до вирішення проблеми виявлення аномалій.

### Література

1. Дідик О.О. Огляд існуючих підходів до вирішення проблеми виявлення аномалій/ О.О. Дідик// Системні технології: регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 6(83).
2. Noy N. The state of the art in ontology design / N.Noy, C.D.Hafner // AI Magazine. – № 3. – 1997. –Р. 53–74.
3. Литвин В.В. Методи та засоби інженерії даних та знань: Навч. Посіб. — Львів: “Магнолія 2006” 2012. 241 с.
4. Sure Y. OntoEdit: Collaborative Ontology Engineering for the Semantic Web / Y. Sure, M. Erdmann, J. Angele, S. Staab, R. Studer, D. Wenke // Proceedings of the First International Semantic Web Conference, Italia. – Vol. 2342 of LNCS. – 2002. – P. 221–235.
5. Інтелектуальні системи, базовані на онтологіях // Д.Г. Досин, В.В. Литвин, Ю.В. Нікольський, В.В. Пасічник. – Львів: “Цивілізація”, 2009. – 414 с.

**Добуляк Л. П.**

Львівський національний університет імені Івана Франка  
[lucanlesia@gmail.com](mailto:lucanlesia@gmail.com)

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНЦЕПТУАЛЬНИХ ПОЛОЖЕНЬ ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ МАЛОГО БІЗНЕСУ В УКРАЇНІ**

Для сучасної економічної науки особливе значення мають ті дослідження, які націлені на аналіз факторів, які впливають на рівень життя населення країни, і розробку ефективних заходів щодо вирішення актуальних соціально-економічних проблем (безробіття, низькі доходи населення, монополії на певні види товарів та послуг) та прискорення економічного розвитку. Розвиток малого бізнесу реально чинить вплив на темпи економічного розвитку країни та рівень життя її населення, оскільки цей сектор виконує надзвичайно важливі макроекономічні та мікроекономічні функції.

З огляду на нестабільність умов функціонування малих бізнесових структур в Україні та значну кількість факторів, що впливають на цей процес, доцільно розробити комплексний підхід до дослідження, моделювання та прогнозування тенденцій розвитку малого бізнесу. Таким чином, даний комплексний підхід повинен включати в себе дослідження поточного стану і тенденцій розвитку малого бізнесу на основі статистичних даних, побудову математичних моделей, які зможуть описати цей процес, та з'ясувати, як розвиток малого підприємництва України буде відбуватися у майбутньому. Для цього потрібно здійснити обґрунтування концептуальних положень щодо моделювання тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні.

Застосування економіко-математичного моделювання дає змогу аналізувати тенденції розвитку сектору малого підприємництва в часовому вимірі та в регіональному аспекті, досліджувати та кількісно оцінювати вплив різних факторів на діяльність малих бізнесових структур, прогнозувати стан сектору малого бізнесу на майбутнє, а також виробляти стратегії управління підприємствами малого бізнесу на макроекономічному та мікроекономічному рівні. Таким чином, задача дослідження процесу розвитку малого бізнесу та побудови економіко-математичних моделей, які дають змогу найкраще проілюструвати цей процес, є надзвичайно важливою для сучасної економічної науки і потребує різностороннього аналізу та пошуку оптимальних способів розв'язання.

Одним із варіантів розв'язання даної задачі може стати запропонована автором концепція моделювання тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні за допомогою методів економіко-математичного моделювання (рис. 1).

На нашу думку, дослідження процесу розвитку малого бізнесу в Україні повинно охоплювати такі три основні етапи: вивчення тенденцій розвитку малого підприємництва України в динаміці; дослідження факторів, які впливають на процес розвитку малого бізнесу в Україні в цілому та в регіональному розрізі; розробка ефективних методів управління підприємствами малого бізнесу з урахуванням основних факторів впливу на їх розвиток.

На першому етапі реалізації концепції здійснюється збір статистичних даних, які описують сучасний стан малого бізнесу та тенденції його розвитку, і проводиться їх економічний аналіз. Також на цьому етапі відбираються показники, які будуть використовуватися надалі для побудови економіко-математичних моделей.

Результатом реалізації першого етапу концепції є набір моделей, які особливо добре описують процес розвитку малого підприємництва України в динаміці за 1991 – 2012 рр.

На другому етапі реалізації концепції пропонується здійснити аналіз факторів, що впливають на розвиток малого бізнесу в Україні. Зокрема, будемо досліджувати фактори, які в динаміці здійснюють вплив на діяльність малих бізнесових структур України в цілому, та ознаки, які спричинюють статичну відмінність процесів розвитку малого підприємництва в регіонах країни.

Результатом реалізації другого етапу концепції є розрахований регіональний індекс розвитку малого підприємництва, який дає змогу побачити, в яких регіонах України наявні



сприятливі умови для здійснення підприємницької діяльності, а в яких мають місце певні перешкоди, що стримують розвиток малого бізнесу, які потрібно усунути.

Також результатами реалізації цього етапу є низка побудованих регресійних моделей, які досліджують залежність обсягів реалізованої малими підприємствами продукції від обраних факторів (зокрема, моделі, коефіцієнти яких обчислені на основі нових підходів до побудови однофакторних та багатфакторних регресійних моделей), та програмний продукт, що дає змогу будувати лінійні та нелінійні однофакторні моделі вищих степенів.

Таким чином, перший і другий етапи концепції передбачають розгляд процесу розвитку малого підприємництва з макроекономічної позиції, тобто результати реалізації цих етапів можна використати для розробки рекомендацій щодо ефективнішого управління (стимулювання чинників, що позитивно впливають на процес, та зменшення негативних впливів інших факторів) процесом розвитку малого бізнесу в Україні в цілому та у регіонах.

На третьому етапі реалізації концепції здійснюється розробка ефективних методів управління підприємствами малого бізнесу на мікроекономічному рівні.

Результатом реалізації третього етапу концепції є низка оптимізаційних моделей, які можна використати для збільшення прибутковості торговельних і виробничих малих підприємницьких структур, підвищення якості їх продукції та попиту на неї.

Реалізація запропонованої концепції моделювання тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні дає змогу покращити управління підприємствами малого бізнесу на макроекономічному та мікроекономічному рівні. Позитивні зрушення стану малого підприємництва здатні забезпечити швидке підвищення рівня життя конкретних осіб (підприємців, найнятих робітників, їхніх сімей) та збільшення добробуту населення України.

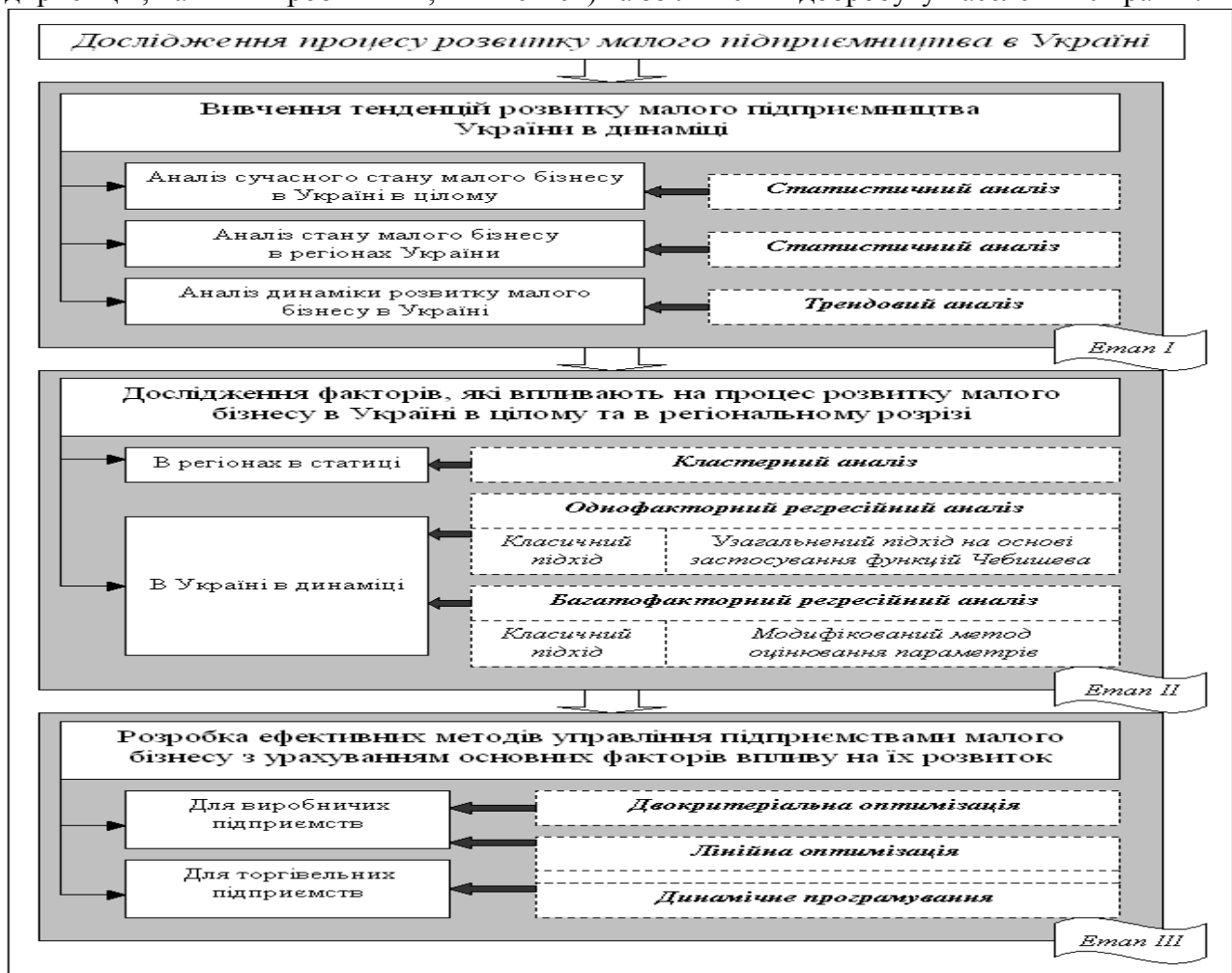


Рис. 1. Концепція моделювання тенденцій розвитку малого бізнесу в Україні

## КОРТЕЖНІ ОПЕРАТОРИ В МАТРИЧНИХ ПРОСТОРАХ: РОЗШИРЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ

Важливим для застосування математичних методів в прикладних дослідженнях є такі фундаментальні математичні структури, як лінійні та евклідові простори. Важливими прикладами та класами евклідових просторів є евклідові простори числових векторів  $R^p, p=1, \dots, n, \dots$  та матриць  $R^{p \times q}, p, q=1, \dots, n, \dots$  фіксованої розмірності. Саме в рамках цих структур можлива реалізація уявлень про лінійні залежності: оператори чи функціонали. Примітним є те, що в рамках згаданих вище прикладів фундаментальних математичних структур визначається через по компонентні операції над компонентами специфічних елементів відповідних просторів. Такими специфічними елементами для  $R^p$  та  $R^{p \times q}$  є впорядковані набори чисел чи впорядковані таблиці чисел. Слід зауважити, що важливим у реалізації засобів оперування із об'єктами в рамках згаданих фундаментальних математичних структур є матрична алгебра: сукупність впорядкованих таблиць будь-якої розмірності та операції: додавання, множення, на скаляр – для відповідних об'єктів. Слід зауважити, що в рамках матричної алгебри операції множення на скаляр є визначеними всюди, а от додавання та множення – ні. Матриці як елементи множини всіх матриць чи – за фіксованої розмірності – елементи слухного евклідового простору  $R^{p \times q}$  та операції в рамках матричної алгебри узгоджені, чи вводилися із самого початку, з метою реалізації концепції лінійного відображення. Сума матриць – це сума відповідних відображень, а композиція реалізується добутком відповідних матриць. Евклідов простір  $R^p$  та алгебра всіх матриць для реалізації уявлень про лінійні відображення над простором числових векторів має з одного боку модельний характер, з іншого – універсальний, оскільки за вибору базису у скінчено вимірному евклідовому просторі, оперування з відповідними елементами «абстрактних» та з лінійними операторами над ними може бути зведене до оперування в рамках стандартної алгебри всіх матриць. Саме цією обставиною принципової звідності розглядів об'єктів в рамках «абстрактних» евклідових просторів визначається формулювання принципів для евклідових просторів загалом в термінах алгебри матриць. Це стосується, приміром, реалізації таких принципів для техніки оперування в евклідових просторах результатів як сингулярний розклад (SVD-розклад) та псевдо обернення (ПДО), як це має місце в роботах [1],[2], [3], [4]. Відповідні результати, які, власне стосуються фундаментальних структур евклідових просторів : множинних – підпросторів, гіперплощин (зміщених підпросторів), еліпсоїдів та «синглових» - операторів та квадратичних форм, - формулюються виключно в термінах властивостей матриць. Але як раз завдяки можливостям і розвиненій техніці матричної алгебри, яка реалізує багатство структур евклідового простору  $R^p$ , а також природній інтерпретації його елементів, саме ці евклідові простори мають широке застосування в прикладних дослідженнях. В той же час в багатьох прикладних задачах групування інформації: відновлення функцій представлених своїми спостереженнями та кластеризації - класифікації, виникає потреба в математичних засобах оперування в рамках фундаментальних лінійних структур із об'єктами-представниками, складнішими, ніж впорядковані числові набори. Так, в задачах розпізнавання мовних сигналів стандартним об'єктом аналізу є спектрограма - матричний за своєю математичною природою об'єкт. Цифрове растрове зображення за самою своєю специфікою представляється матрицею. В задачах групування інформації, пов'язаних із відновленням функцій, представлених своїми значеннями, - в багатьох випадках з'являються спостереження функцій із матричними аргументами та матричними значеннями. Так, наприклад, річні помісячні значення основних макроекономічних показників представляють собою матриці, а задача прогнозу річних помісячних макроекономічних показників – власне задача відновлення з метою прогнозу функції, представленими матричними спостереженнями: аргументів та значень функції.

Власне, подібна модель спостережень є чи не єдиною альтернативою концепції статистичної залежності числових характеристик (багатовимірних випадкових величин), в рамках стає можливим врахування структури зв'язків числових характеристик як за їхнім різноманіттям та і у часі. Єдине, що може стримувати застосування розширеного тлумачення області можливих значень для аргументів та значень функцій – це відсутність адекватних засобів оперування з такого роду структурами. Зокрема, це стосується і метода найменших квадратів. Зауважимо, що роботи [6,7] заповнюють цю прогалину для «однотипних» матричних спостережень: в них розвинена техніка МНК- оцінювання лінійних операторів для матричних функцій, наведені приклади застосування.

Концепція коротезних просторів та коротезних операторів, запропонована в [5], яка дозволяє здійснити узагальнення класичної матричної алгебри та отримати узагальнення класичних результатів теорії евклідових просторів. Це стосується спектральної теореми та SVD - розкладу, та ПДО – теорії, вичерпного дослідження та розв'язання систем лінійних рівнянь, а також засобів побудови та оперування із класичними структурами евклідових просторів у евклідових просторах матриць фіксованих розмірностей: множинними та «сингловими», включаючи лінійні оператори та гіперплощини та ортогональні проектори, що їм відповідають, а також операторами групування та еліпсами та мінімальними еліпсами групування, що їм відповідають. Це повною мірою може бути віднесене і до задачі відновлення функції за матричними спостереженнями аргументу та функції відгуку. Більше того, запропонована концепція дозволяє поставити та конструктивно розв'язати задачу оцінювання для "матричної множинної регресії": задачу відновлення лінійної залежності матричної функції набору матричних аргументів.

Так само, як у векторному випадку, можливість використання техніки ПДО у конструктивному визначенні відстаней відповідності у задачах класифікації кластеризації через «занурення» у слухні підпростори чи гіперплощини, а також – у слухні еліпси, визначається можливістю «природного» пов'язування оператора (кортежного) з елементами навчальної вибірки того чи іншого кластеру

## Література

1. Moore E.H. On the reciprocal of the general algebraic matrix. Bulletin of the American Mathematical Society. – 26, 1920. – P.394 -395.
2. Penrose R. A generalized inverse for matrices // Proceedings of the Cambridge Philosophical Society 51, 1955. – P.406-413.
3. N.F. Kirichenko. Analytical Representation of Perturbation of Pseudoinverse Matrices. Cybernetics and Systems Analysis. - March-April 1997. - Vol.33, No 2. - P.230-239.
4. Владимир Донченко Евклидовы пространства числовых векторов и матриц: конструктивные методы описания базовых структур и их использование. International Journal “Information technologies & Knowledge”.- 2011.- Vol. 5.- Number 3.-P.203-216.
5. Donchenko V, Zinko T, Skotarenko F. “Feature Vectors” in Grouping Information Problem in Applied Mathematics: Vectors and Matrixes. - Vitalii Velichko, Alexey Voloshin, Krassimir Markov(ed.) - Problems of Computer Intellectualization.- Institute of Cybernetics NASU, ITHEA.-Kyiv, Ukraine -Sofia, Bulgaria.- 2012.- P.111-124.
6. Donchenko V, Nazaraga I, Tarasova O. Vectors and matrixes least square method: foundation and application examples. International Journal Information Theories and Applications. – 2013. – Vol.20, No 4.– P.311-322.
7. Donchenko V, Nazaraga I, Tarasova O. Matrixes least squares method and examples of its application. International Journal Information Technologies & Knowledge. – 2013. – Vol.7, No 4. – P. 325–336.

## ЗАСТОСУВАННЯ НАУКАСТИНГУ ДЛЯ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ ВВП УКРАЇНИ

Сучасна теорія прийняття рішень приділяє значну увагу проблемі прогнозування макроекономічних змінних як найважливішій складовій, від якої залежить розвиток економіки країни. Нині це є проблемою практично всіх країн світу – розвинених, чи країн, що розвиваються. Саме тому найважливішим завданням теорії прийняття рішень є пошук оптимального рішення щодо формування економічної, бюджетної та монетарної політики [1-4].

Вирішенню цього питання заважає значна волатильність багатьох макроекономічних змінних, яка пов'язана в Україні як з операційними ризиками невмілого (злочинного) керування економікою урядом так і з ризиками руйнування економічного середовища проросійськими терористами на сході.

Прогнозування, зокрема, бюджетних показників має суттєве значення у досягненні головної мети фінансової системи країни під час фінансової кризи – стабілізації економічного розвитку. Середньострокове бюджетне планування і прогнозування в Україні базується на значеннях макроекономічних даних поточного стану економіки України та країн, що є її основними торговими партнерами, а також динаміці індексів світових товарних і фінансових ринків. У роботі [4] наведено економетричну прогнозну модель доходної частини бюджету України на 2014 р.

У певних умовах, зокрема в економіках потерпаючи від тероризму та під час війни, ряд методик складання прогнозу не може бути використаний. Тому перш, ніж вдаватись до складання прогнозу, необхідно оцінити стан зовнішнього середовища. Так, статистичне прогнозування в кризових умовах має істотні обмеження і неможливе без додаткових експертних оцінок, тому прогнозування багатьох макроекономічних показників соціально-економічного розвитку України на основі економетричних моделей не забезпечує прогноз прийнятний з практичної точки зору. Це стосується не лише України, але й більшості країн, економіки яких розвиваються. Неможливість ефективного застосування економетричних моделей, в яких будується залежність між макроекономічними змінними, пов'язане з нестабільністю економіки.

Саме тому для таких прогнозів МВФ рекомендує використовувати методологію “наукастингу” (nowcast) [1, 2]. Наукастинг використовується в економіці для опису умов нині і в самому найближчому майбутньому. Фахівцями з наукастингу розроблено статистичні моделі, реалізовані, зокрема у системі SAS [3], які здатні враховувати та обробляти великі об'єми даних без необхідності неформальних суджень. Ці моделі використовують інформацію з великої кількості рядів даних з різною частотністю і з різними часовими лагами. При цьому передбачається, що інформацію про зміну, наприклад, ВВП можна вивести з різноманітних інформаційних джерел (таких як показники безробіття, динаміки індексу промисловості, стану торговельного балансу, реального курсу валюти, рівня впливу терористичних угруповань) до публікації самого значення зміни ВВП. У наукастингу ці дані використовуються для розрахунку послідовності оцінок ВВП за поточний квартал відносно надходження даних у реальному часі.

Методологія наукастингу дозволяє побудувати прогноз динаміки реального ВВП. На відміну від розрахунків МВФ, який прогнозує падіння ВВП України у 2014 році на 6,5 %, результати прогнозу рівня інфляції та реального ефективного курсу гривні у зв'язці з динамікою ВВП дозволяють стверджувати, що падіння ВВП буде на рівні наближеному до 10 відсотків. У даному випадку доцільно використовувати регресію не до повного ряду динаміки реального ефективного курсу гривні, а розглядати залежність тільки у тих часових інтервалах, коли відбувались значні коливання курсу гривні до іноземних валют.

Значення падіння реального ВВП України у 6-8% обґрунтовується впливом на економіку терористичних угруповань на сході та проблемами з окупацією Росією Крима. Ця оцінка будується на основі узагальнення (середньозваженого) прогнозів побудованих окремо для кожного регіону України. Відповідно, такий результат треба враховувати при прогнозуванні доходної частини бюджету України та інших змінних напряму залежних від ВВП.

### Література

1. Castle Jennifer L. Forecasting and Nowcasting Macroeconomic Variables: Methodological Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economics.ox.ac.uk/Department-of-Economics-Discussion-Paper-Series/forecasting-and-nowcasting-macroeconomic-variables-a-methodological-overview> - 2013. - Р. 1-72.
2. Финанси и развитие [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2014/03/index.htm>. МВФ- 2014. - С. 4-7.
3. SAS - Data Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sas.com/offices/europe/russia/software/data-management/index.html>
4. Домрачев В. М. Моделирование доходной части бюджета Украины в системе Eviews / В. М. Домрачев, О. О. Любич, О. В. Скалецка // Экономика, менеджмент, бизнес – 2012. – №2(6) – С. 103-107.

УДК 681.3.06(075.8)

**Евтушенко Г.Л., Кузнецов В.И., Михалёв А.И.**

Национальная металлургическая академия Украины,  
49600, Днепропетровск, пр. Гагарина, 4, [gt.ba.qa@gmail.com](mailto:gt.ba.qa@gmail.com)

### МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ МЕТОДОВ КАК ОБОБЩЕНИЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА

Во многих практических задачах принятия решений требуется учитывать варианты внешних условий, которые можно рассматривать как некоторые прогнозируемые варианты решений. При этом в многокритериальном анализе (МКА) выделяются два основных типа внешних условий:

1. Не зависящие от наших решений. Они называются «природа», хотя сюда могут включаться и экономические факторы, например, цены на сырьё, и даже политические, например, условия ведения бизнеса.

2. Зависящие от наших решений, действий. Они называются «реакциями». Реакции могут быть благоприятными, создающими «внешний синергетический эффект» и неблагоприятными (конфликтными).

Выбор альтернатив, планов действий в условиях «природы» и «реакций» – стратегия.

Учет вариантов внешних условий реализован, например, в методе матрицы решения. Но при решении комплексных многокритериальных задач возникает проблема одновременного использования нескольких методов МКА. В [1] предложено два подхода к решению данной проблемы: 1) создание в составе системы поддержки принятия решений (СППР) библиотеки методов; 2) разработка нового, интегрированного метода, объединяющего несколько методов МКА. Оба этих подхода реализованы при проектировании и разработке СППР NooTron [2].

В [3] приведена следующая теоретико-множественная модель выбора (принятия решений):

$$M_i = \langle X, F, Y, H, Z, P, \lambda \rangle, \quad (1)$$

$X$  – множество оцениваемых альтернатив (объектов),  
 $F$  – множество функций, характеризующих различные свойства объектов,  
 $Y$  – область значений функций  $F$ ,  
 $H$  – множество целей (целевых состояний), задаваемых для оцениваемых признаков,  
 $Z$  – группа лиц, принимающих участие в принятии решения,  
 $P$  – отношения предпочтения (предикаты), определяемые на множествах  $X$ ,  $F$ ,  $H$  и  $Z$ ,  
 $\lambda$  – степень соответствия альтернативы целевому состоянию.

На этой основе разработана обобщенная модель выбора (2), учитывающая варианты внешних условий, в неё также включена модель выбора методов (3).

$$M_{choice} = \langle G, A, Cr, F, Y, V, U, P, \langle M_{methChoice} \rangle \rangle \quad (2)$$

$G$  – множество целей,  
 $A$  – множество альтернатив,  
 $Cr$  – множество критериев,  
 $F$  – множество функций, характеризующих показатели альтернатив относительно критериев,  
 $Y$  – область значений функции  $F$ ,  
 $V$  – множество вариантов внешних условий,  
 $U$  – множество полезностей альтернатив относительно каждого варианта внешних условий,  
 $P$  – множество вероятностей наступления вариантов внешних условий,  
 $M_{methChoice}$  – модель выбора методов:

$$M_{methChoice} = \langle Meth, MethCr, Pr, S, T \rangle \quad (3)$$

$Meth$  – множество методов, включая их композиции (методы здесь играют роль альтернатив),  
 $MethCr$  – множество критериев сравнения методов,  
 $Pr$  – множество предпочтений методов,  
 $S$  – множество областей применимости методов,  
 $T$  – множество задач, которые решаются этими методами.

Разработанная обобщенная модель выбора позволяет при принятии решения учитывать не только характеристики объекта, но и внешние условия. А её расширение – модель выбора методов – позволит лицу, принимающему решение, быстрее сориентироваться в большом количестве методов МКА (в том числе, содержащихся в библиотеке методов СППР NooTron) и их комбинированном использовании. Реализация данной модели в СППР станет мощным инструментом для решения стратегических многокритериальных задач.

### Литература

1. Михалёв А.И., Кузнецов В.И., Ковалик Н.Н., Теплякова Г.Л. Интеграция методов многокритериального анализа и их применение в системе поддержки принятия решений // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 4 (75). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 50-62.
2. Теплякова Г.Л., Кузнецов В.И., Дмитриева И.С. Проектирование системы поддержки принятия решений на базе методов многокритериального анализа // Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть II / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». СПб, 2013. – С. 261-263.
3. Микони С.В. Многокритериальный выбор на конечном множестве альтернатив: Учебное пособие. – СПб.: Издательство "Лань", 2009. – 272 с: ил.

### ЗАДАЧА МАРКОВИЦА С КРИТЕРИЯМИ АЗАРТНОГО ИНВЕСТОРА В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Рассматривается  $s$ -критериальный дискретный вариант задачи портфельной оптимизации Марковица [1] с классическими критериями теории принятия решений (см., например, [2]) – критериями азартного игрока (крайнего оптимизма):

$$\max_{x \in X} \max_{i \in N_m} \sum_{j \in N_n} e_{ijk} x_j, \quad k \in N_s = \{1, 2, \dots, s\}, \quad (1)$$

где  $e_{ijk}$  – ожидаемая оценка экономической эффективности (доходности) вида  $k \in N_s$  инвестиционного проекта с номером  $j \in N_n$  в случае, когда рынок находится в состоянии  $i \in N_m$ ;  $X \subset \mathbf{E}^n = \{0, 1\}^n$  – множество всех допустимых (по уровню риска) инвестиционных портфелей  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , при этом  $x_j = 1$ , если проект  $j \in N_n$  реализуется, и  $x_j = 0$  в противном случае. Под задачей (1) понимаем задачу поиска множества Парето  $P^s(E)$ , где  $E = [e_{ijk}] \in \mathbf{R}^{m \times n \times s}$ . Неопределенность и некорректность исходной информации (элементов матрицы  $E$ ) приводит к необходимости проведения параметрического анализа устойчивости задачи (1) к возмущениям ее параметров. Предельный уровень таких возмущений, не приводящих к появлению новых Парето-оптимальных портфелей, обычно называют радиусом устойчивости задачи. Величина радиуса устойчивости существенно зависит от метрик, введенных в пространствах параметров задачи.

В пространствах инвестиционных проектов  $\mathbf{R}^n$  и состояний финансового рынка  $\mathbf{R}^m$  зададим произвольную метрику Гельдера  $l_p$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ , а в критериальном пространстве эффективности инвестиционных проектов  $\mathbf{R}^s$  – метрику Чебышева  $l_\infty$ . Таким образом, под нормой матрицы  $E \in \mathbf{R}^{m \times n \times s}$  будем понимать число

$$\|E\|_{pp\infty} = \left\| \left( \|E_1\|_{pp}, \|E_2\|_{pp}, \dots, \|E_s\|_{pp} \right) \right\|_{\infty},$$

где  $\|E_k\|_{pp} = \left\| \left( \|e_{1k}\|_p, \|e_{2k}\|_p, \dots, \|e_{mk}\|_p \right) \right\|_p$ ,  $k \in N_s$ . Здесь  $E_k \in \mathbf{R}^{m \times n}$  –  $k$ -е сечение матрицы  $E$ , а  $e_{ik} = (e_{i1k}, e_{i2k}, \dots, e_{ink})$  –  $i$ -я строка этого сечения.

Радиусом устойчивости задачи (1), как обычно [3, 4], назовем число

$$\rho(m, n, s, p) = \begin{cases} \sup \Xi(p), & \text{если } \Xi(p) \neq \emptyset, \\ 0 & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

где

$$\Xi(p) = \left\{ \varepsilon > 0 : \forall E' \in \Omega(p) \left( P^s(E + E') \subseteq P^s(E) \right) \right\},$$

$$\Omega(p) = \left\{ E' \in \mathbf{R}^{m \times n \times s} : \|E'\|_{pp\infty} < \varepsilon \right\}.$$

**Теорема.** При  $P^s(E) \neq X$ , любых  $m, n, s \in \mathbf{N}$  и  $p \in [1, \infty]$  справедливы следующие оценки радиуса устойчивости задачи (1)

$$\varphi \leq \rho(m, n, s, p) \leq (mn)^{1/p} \psi,$$

где

$$\varphi = \min_{x \in P^s(E)} \max_{x' \in P(x, E)} \min_{k \in N_s} \frac{f_k(x') - f_k(x)}{\|x' + x\|_1^{1/q}},$$

$$\psi = \min_{x \in P^s(E)} \max_{x' \in P(x, E)} \min_{k \in N_s} \frac{f_k(x') - f_k(x)}{\|x' - x\|_1},$$

$$P(x, E) = \{x' \in P^s(E) : f(x') \geq f(x) \text{ \& } f(x') \neq f(x)\}, \quad f(x) = (f_1(x), \dots, f_s(x)),$$

$$f_k(x) = \max_{i \in N_m} \sum_{j \in N_n} e_{ijk} x_j, \quad k \in N_s; \quad 1/p + 1/q = 1.$$

Работа выполнена в рамках совместного Украинско-Белорусского научного проекта фундаментальных исследований «Корректность и эффективные алгоритмы решения задач дискретной оптимизации со многими критериями и неполной информацией» (проект Ф13К-078).

### Литература

1. Markowitz H.M. Portfolio selection: efficient diversification of investments. New York: Willey. 1991. 400 p.
2. Волошин О.Ф., Машенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень. – Київ: Київський університет, 2010. – 336 с.
3. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации. Проблемы, методы решения, исследования. – Киев. Наукова думка. 2003. – 260 с.
4. Емеличев В.А., Коротков В.В. О радиусе устойчивости векторной инвестиционной задачи с критериями минимаксного риска Сэвиджа // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 3. – Р. 68-77.



**ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OLAP ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СТІЙКОСТІ  
ФУТЕРОВКИ КОНВЕРТЕРА**

Поруч із динамічними технологічними процесами, які вважаються швидкоплинними (виплавка сталі, її розкислення, прокатка та розкроювання готової продукції) на металургійних підприємствах тривають ряд вкрай тривалих процесів. Одним з таких є процес зношення футеровки конвертера [1].

Заміна футеровки конвертера є суттєвою статтею витрат, тому велике значення при виробництві конвертерної сталі має підвищення стійкості футеровки, а також прогнозування кінцевого терміну її роботи. Збільшення тривалості міжремонтного періоду призводить до збільшення виробництва сталі за плановий період, зниження її собівартості за рахунок скорочення питомих витрат вогнетривів і витрат на заміну футеровки.

Попередній аналіз проблемної області [2, 3] показав, що всі фактори, які впливають на стійкість футеровки конвертера, можна поділити на технічні (якість застосованих вогнетривких матеріалів, схема кладки) та технологічні (якість чавуну, основність плавки, виконання додувок та способи догляду за футеровкою протягом кампанії).

Аналізуючи джерела, можна відзначити, що задача ідентифікації закономірностей процесу вигорання футеровки від технічних та технологічних факторів та залежностей, що їх описують, залишається актуальною. Формально вона полягає у побудові за результатами спостережень такої математичної чи математично-логічної моделі  $M$  яка б забезпечувала максимально точне відображення

$$M^* : X \rightarrow Y, \quad (1)$$

де  $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$  - множина векторів незалежних параметрів процесу (факторів)  $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ ;  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_k\}$  - множина векторів цільових змінних  $Y_j = (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jl})$ ;  $n$  - кількість навчальних прикладів;  $k$  - кількість можливих значень цільової функції (при навчанні на прикладах, вважаючи простір рішень безперервним, слід вважати  $k = n$ );  $m$  - кількість незалежних змінних;  $l$  - кількість змінних у векторі, що описує цільову функцію (спрощено  $l = 1$ , адже нас цікавить насамперед термін експлуатації футеровки).

Для спостереження за процесом, що триває 1500, а бажано – 2500-3000 плавок, необхідно фіксувати велику кількість даних, що описують усі вищезгадані фактори. Згідно із загальною концепцією побудови інтегрованої системи керування металургійним підприємством [4], всі дані про процеси на окремих ділянках мають зводитися до єдиної бази даних. Для багатовимірного аналізу інформації, що надходить у обсязі  $10^5$  -  $10^6$  записів на тиждень, необхідно використовувати сучасні сховища даних [5]. Сховища повинні забезпечувати високу швидкість отримання даних, можливість отримання і порівняння так званих зрізів даних, а також несуперечність, повноту і достовірність даних.

Ключовим компонентом побудови та застосування сховищ даних є OLAP. Ця технологія заснована на побудові багатовимірних наборів даних - OLAP-кубів, осі якого містять параметри, а клітинки - залежні від них агрегатні дані. Саме узагальнення за певними метриками (середнє значення, максимум, медіана, мода, тощо) визначає як майбутній вигляд прогностичної моделі, так і можливі методи її отримання.

Серед останніх, насамперед, мають бути застосовані методи самонавчання складних систем та формування знань з великих масивів даних, зокрема методи кореляційного, регресійного та факторного аналізу [6] для визначення характеру взаємодії факторів, описаних вище, методи CART та C5.0 автоматичної побудови дерева рішень, а також методи прямої та нейромережевої кластеризації для знаходження сукупності спільних ознак у багатовимірному просторі параметрів [7].

Первинним ключем OLAP-куба даних, що створюється з бази даних плавки, є ідентифікатор футеровки. З ідентифікатором, метрикою для якого є загальна кількість плавки, нерозривно пов'язані поля дати початку та закінчення використання, номер конвертера і виробник. Ці фактори є апіорними для футеровки і їх вплив був проаналізований окремо.

В ході аналізу 146910 плавки, які були виконані на 93 футеровках восьми виробників, що використовувались на трьох конвертерах впродовж 2004-2011 років, було встановлено:

- закон розподілу стійкості – нормальний з незначним хвостом у вищій бік;
- загальний тренд свідчить про зростання стійкості футеровки в часі (в середньому на 140 на рік);
- стійкість значно залежить від виробника – відхилення середньої стійкості футеровки виробників між собою значно перевищують дисперсію вибірки;
- стійкість не залежить від номера конвертера, на якому експлуатується футеровка – дисперсії по конвертерах менші дисперсії всієї вибірки;
- стійкість футеровки незначно залежить від пори року – дисперсія незначна, але висока кореляція стійкості з порою року.

Для решти вимірів вкрай важливою задачею при побудові кубу даних є не просто включення тих чи інших вимірювань (факторів), а ще й вибір метрики. Кореляційний аналіз всього спектру запропонованих факторів показав, що стійкість футеровки має високу кореляцію з абсолютними кількостями плавки у тому чи іншому режимі, що логічно, але не враховує фізико-хімічних процесів у конвертері.

Враховуючи викладене, для факторів були запропоновані наступні метрики:

- відносна кількість за час функціонування футеровки;
- середнє значення за час функціонування футеровки;
- середнє значення витрат на 1 плавку (для матеріалів).

Результатом такого підходу стала можливість побудови логіко-математичної моделі прогнозування стійкості футеровки в режимі її експлуатації.

## Література

1. Сердюков А.А. Современная футеровка для крупных кислородных конвертеров / А.А. Сердюков, А.Ф. Тонкушин, А.Н. Смирнов // Металл и литье Украины. – 2010. – № 9-10. – С. 4-7.
2. Альперович Я.Л. Розробка та освоєння регламентованого шихтового режиму конверторної плавки. Дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук за спец. 05.16.02 – «Металургія чорних металів». – Дніпропетровськ: НМетАУ. – 2002.
3. Воронина О.Б. Повышение стойкости периклазоуглеродистой футеровки кислородного конвертера из изделий отечественного производства: автореф. дис. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металов» / О.Б. Воронина. - Магнитогорск, 2003. - 22 с.
4. Слесарев В.В. Інтегровані системи керування багатоступінним металургійним виробництвом на прикладі прокатки труб / В.В. Слесарев, Т.А. Желдак // Системні технології. – 2011. – N 4. – С. 77–84. – Бібліогр.: 7 назв. – укр.
5. Желдак Т.А. Застосування технології OLAP для ідентифікації параметрів складних технічних систем при багатоступінному виробництві / Т.А. Желдак // VI міжнародна школа-семінар - "Теорія прийняття рішень", Ужгород: "Інвізор" - 2012р., 118с.
6. Загоруйко, Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний // Новосибирск: Изд-во Ин-та математики. – 1999. – 268 с.
7. Witten, I. H. Data mining : practical machine learning tools and techniques. – 3rd ed. / Ian H. Witten, Frank Eibe, Mark A. Hall // Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier. – 2011. – 630 p.

**Желдак Т.А., Гаранжа Д.М.**  
Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
[dgaranzha@gmail.com](mailto:dgaranzha@gmail.com)

## **ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Вступ.** Одним з ключових етапів виготовлення будь-якої прокатної продукції є перевірка її механічних властивостей, оскільки тільки після цього виконується її реалізація. Ця операція є обов'язковою, оскільки згідно з вимогами [1] до прокатної продукції, будь-який профіль потребує наявності так званого сертифікату якості, що гарантує належність до певної категорії механічними властивостями, при чому він необхідний для кожної плавки.

Традиційно перевірка механічних властивостей пов'язана з отриманням проб, які беруться з готової продукції, після чого виконуються прямі випробування. Характерною рисою такої перевірки якості є одночасна потреба в устаткуванні та наявності кваліфікованого персоналу для забезпечення виконання процесу. Весь комплекс випробувань виконується в механічних лабораторіях, де знаходиться відповідне обладнання.

Не дивлячись на важливість даного процесу, в ньому і досі спостерігається певний ряд недоліків. По-перше це час, який необхідний для виконання всього спектру необхідних досліджень, а також на транспортування проб до лабораторії. Відсутність відповідних сертифікатів не дає можливості для відвантаження продукції кінцевому покупцю, але отримання їх при наявності великої кількості замовлень і високому темпі виробництва подекуди може потребувати суттєвих часових витрат. Водночас можна відмітити, що на підприємствах в процесі роботи накопичуються реальні статистичні дані зі значеннями механічних властивостей, які фактично ніде не використовуються і залишаються незатребуваними, хоча згідно з діючим стандартом дозволяється використання методів статичного визначення властивостей.

**Постановка задачі.** Враховуючи можливість використання статистичних методів визначення механічних властивостей прокату постає питання розробки дієвої методики визначення їх значень з метою скорочення часу на встановлення відповідності готової продукції тій чи іншій категорії, а також її реалізація у вигляді експертної системи, яка б працювала в режимі радника і допомагала опрацювати замовлення.

**Основний матеріал.** Згідно з [1] для всіх марок сталі визначено перелік мех. властивостей, та межі їхніх допустимих значень. Так, наприклад, для сталі 5 категорії марки Зпс основними характеристиками, які визначають якість є: межа міцності, межа плинності, відносне подовшення, ударна в'язкість при  $-20\text{ C}$  та ударна в'язкість після механічного старіння. Дослідження будемо виконувати на прикладі швелеру.

За результатами аналізу технологічного процесу встановлено, що факторами, які впливають на якість механічні властивості прокату є: хімічний склад сталі з якої виготовляється продукція за складовими елементами (C, Mn, Si, S, P, Cr, Ni, Cu); умови виготовлення згідно з технологічним процесом, а також товщина проби, що може варіюватись в межах інтервалу, який вказано за стандартом.

Сам техпроцес має більш-менш усталений характер і традиційно він незмінний на протязі всього часу існування виробничої лінії. Нажаль, в більшості випадків відсутня будь-яка інформація про його фактичний перебіг по кожній окремій плавці (час прокатки, фактична температура на початку прокатки та по її завершенню, фактичний режим охолодження продукції), тому спиратись на ці дані в своїх дослідженнях ми не маємо змоги.

Таким чином для виконання досліджень доступними є відомості про хімічний склад (8 основних компонентів) сталі, які беруться на етапі її розливки по виливницях та інформація щодо товщини зразків, за якими визначено механічні властивості прокату. Отже в якості вхідних даних виступає 9 параметрів, а результуючими будуть 5 параметрів, що визначають механічні властивості продукції. Фактично поставлена задача зводиться до встановлення залежності між вказаними вхідними параметрами та результуючими (механічними

властивостями). З практичної точки зору важливим є не скільки визначення реального значення результуючого параметра, а встановлення чи входить він до інтервалу, зазначеного за стандартом.

За основу встановлення залежностей взято методику розрахунку множинної нелінійної регресії [2, 3], яка складається з послідовного виконання наступних етапів: препроцесінг вхідних даних; встановлення парної нелінійної регресії по кожній змінній; синтез рівняння множинної регресії; оцінка щільності множинного кореляційного зв'язку та відповідності рівняння регресії початковим даним; аналіз залишків.

Оскільки у будь-якому рівнянні регресії присутня похибка необхідно виконати розрахунок корегуючих коефіцієнтів [4], з допомогою яких ставляться більш жорсткі умови до інтервалу, в якому має знаходитись величина. Розрахунок параметрів виконується з урахуванням стандартної для технічних розрахунків 5% похибки.

Кінцевим результатом дослідження є включення отриманих моделей та програмного комплексу - «радника» (рис.1) з перевірки механічних властивостей прокату.

| Химический состав |       |
|-------------------|-------|
| C                 | 0.16  |
| Mn                | 0.46  |
| Si                | 0.05  |
| S                 | 0.036 |
| P                 | 0.012 |
| Cr                | 0.03  |
| Ni                | 0.03  |
| Cu                | 0.02  |

| Результаты статистики                 |                         |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Предел прочности, кгс/мм <sup>2</sup> | 40.5   42   46.5        |
| Предел текучести, кгс/мм <sup>2</sup> | 26.05   29   5.5   12.5 |
| Отн. удлинение, %                     | 27.7   38   5.6   13    |

Рис.1 Інтерфейс результатів проведення випробувань статистичним методом

**Висновки.** В результаті застосування даної методики отримано регресійні моделі для параметрів всіх механічних властивостей які в комплексі з корегуючими коефіцієнтами дають оцінку належності значення до допустимого інтервалу з похибкою 5%. Для синтезу моделей достатньо використання поліноміальних моделей не вище третього ступеня.

Апробація результатів дослідження підтверджує можливість застосування такого підходу до вирішення задачі. Використання на практиці такої системи дозволяє суттєво скоротити час на опрацювання продукції. Застосування експертної системи на даному етапі дозволяє проводити статистичний контроль 75-80 % продукції за дослідженими профілями. Залишок проб, які не пройшли перевірку статистичним методом, пропонується перевіряти прямими випробуваннями.

### Література

1. ДСТУ 4484:2005/ГОСТ 535-2005 Прокат сортовий і фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови.
2. Математическая статистика [Учебник для техникумов]/ [В. М. Иванова. В. Н. Калинина и др.] – М.: "Высшая школа", 1975. – 398с.
3. Нелинейная корреляция и регрессия./[ С.Н. Воловельская и др.] – К.: «Техника», 1971 – 215с.
4. Драйпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ, 3-е издание: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

**Задірака В.К.**

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України ZVK140@ukr.net

**СТРАТЕГІЇ ПОБУДОВИ ОПТИМАЛЬНОГО ЗА ТОЧНІСТЮ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧІ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Для оптимізації розв'язку задачі на комп'ютері за точністю важливо передусім з врахуванням неповноти інформації коректно сформулювати саме поняття бажаного розв'язку  $\mathfrak{R}$  [1]-[3]. Це визначає неусувну похибку розв'язку  $\overline{\Delta}_1 = \rho(\mathfrak{R}, \overline{\mathfrak{R}})$ , де  $\overline{\mathfrak{R}}$  - точний розв'язок,  $\rho$  - метрика в просторі розв'язків. Якби не було обмежень на пам'ять і час реалізації алгоритмів на комп'ютері, то в багатьох випадках можна було б побудувати алгоритм, який відшукує наблизений розв'язок задачі з якою б ступеню точності. Зважаючи на реальні обмеження можна будувати алгоритми, які відшуковують бажаний наблизений розв'язок лише в двох випадках:

- з заданою обчислювальною похибкою;
- з мінімально можливою обчислювальною похибкою.

Позначемо через  $[A(I)]_\mu = A(I, \mu)$  реалізацію  $A(I)$  на комп'ютері з пам'яттю  $\mu$  і через оператор  $\Psi$  інтерпретатор  $A(I)$  і  $A(I, \mu)$ , який ставить у відповідність цим векторам елементи того ж метричного простору, в якому знаходиться наблизений розв'язок  $\mathfrak{R}$ . Тоді абсолютна похибка алгоритму  $A$  визначення  $\mathfrak{R}$   $\overline{\Delta}_2 = \rho(\mathfrak{R}, \Psi A(I))$  і абсолютна обчислювальна похибка алгоритму  $A$   $\overline{\Delta}_3 = \rho(\mathfrak{R}, \Psi A(I, \mu))$ .

Оптимальним за точністю алгоритмом розв'язання даної задачі назвемо алгоритм, який дає мінімальне значення обраної міри похибки алгоритмів серед всіх можливих алгоритмів.

В частинному випадку, оптимальним за точністю буде алгоритм  $A^\times$ , для якого

$$\rho^\times = \rho(R, \psi A^\times(f)) = \inf_{A(I)} \rho(R, \psi A(I)) = \inf_{\alpha(I)} \rho(R, \psi \alpha(I)),$$

де остання нижня границя береться за всіма можливими функціями від  $I \in \mathfrak{Z}$ , які є обчислюваними. Якщо такий алгоритм не існує, то завжди існує алгоритм  $A^{(\eta)}$ , для якого  $\rho^{(\eta)} = \rho(R, \psi A^{(\eta)}(I)) \leq \rho^\times + \eta, \eta > 0$ . Алгоритм  $A^{(\eta)}$  назвемо оптимальним за точністю з точністю до  $\eta$ .

Нерідко зустрічаються ситуації, коли зменшення похибки алгоритму при зміні його параметрів, починаючи з деякого моменту, призводять до збільшення похибки заокруглення, так що виникає задача визначення тих параметрів, які мінімізують суму похибок алгоритму і заокруглення.

В залежності від якості апіорної інформації про розташування розв'язку задачі в просторі розв'язків можна крім розглянутої стратегії прийняття рішень (оптимального розв'язку задачі) – чебишовського центру області локалізації розв'язків, застосувати інші стратегії - метод нев'язок та метод квазірозв'язків за В.К.Івановим (це особливо важливо для некоректних задач).

Відмітимо, що наведені визначення оптимальності відповідають так званій чистій стратегії прийняття рішень. Якщо кожна нова вхідна величина будується в залежності від задачі і від попередньо накопичених вхідних даних, то отримуємо так звану послідовну або послідовно-оптимальну стратегію. Тоді всі поняття оптимальності вводяться аналогічно.

Застосовують також байесовські оптимальні пасивні чи послідовні стратегії.

**Література**

1. Методы вычислений на ЭВМ: Справочное пособие/Иванов В.В. – Киев: Наук.думка 1986. -584 с.
2. Теория вычисления преобразования Фурье/Задірака В.К. – Киев: Наук.думка, 1983. - 216с.
3. Сергієнко І.В., Задірака В.К., Литвин О.М. Елементи загальної теорії оптимальних алгоритмів та суміжні питання.- Київ, Наук. думка, 2012 -400с.

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ  
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

В последние годы задачи принятия многокритериальных решений в условиях неполноты и неопределенности информации представляют значительный интерес и имеют широкий круг приложений в экономике и финансовой сфере. В самом общем случае задача принятия решений при нескольких критериях оптимальности описывается как задача многокритериального нелинейного программирования (МКНП-задача) следующего вида:

$$\text{Минимизировать } f(\mathbf{x}) = [f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_k(\mathbf{x})] \quad (1)$$

$$\text{при условиях } \mathbf{x} \in X = \{\mathbf{x} \in R^{(n)}, g_j(\mathbf{x}) \leq 0, j = \overline{1, m}\} \quad (2)$$

где  $\mathbf{x}$  —  $n$ -мерный вектор переменных решения;

$[f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_k(\mathbf{x})]$  —  $k$  различных целевых функций;

$[g_1(\mathbf{x}), \dots, g_m(\mathbf{x}) \leq 0]$  — множество допустимых решений (МДР).

Во многих случаях на практике в значениях параметров целевых функций и ограничений имеются неоднозначности, которые отражают неполноту знаний экспертов о реальной среде. Тогда целесообразно рассмотреть МКНП задачу с нечеткими параметрами в описании целевых функций и ограничений:

$$\text{минимизировать } f(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = [f_1(\mathbf{x}, \mathbf{a}_1), f_2(\mathbf{x}, \mathbf{a}_2), \dots, f_n(\mathbf{x}, \mathbf{a}_n)] \quad (.3)$$

$$\text{при условиях } \mathbf{x} \in X(\mathbf{b}) = \{\mathbf{x} \in E^n, g_j(\mathbf{x}, \mathbf{b}) \leq 0, j = \overline{1, m}\},$$

где  $\mathbf{a}_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ib}]$ ,  $\mathbf{b}_j = [b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{js}]$  — вектор нечетких параметров, включенных в целевую функцию  $f_i(\mathbf{x}, \mathbf{a}_i)$  и ограничения  $g_j(\mathbf{x}, \mathbf{b}_j)$  соответственно.

Эти нечеткие параметры предполагаются нечеткими числами.

*Определение 1.* Нечеткое число  $R$  — это выпуклое непрерывное нечеткое подмножество числовой оси, функция принадлежности  $\mu(p)$  которого определяется следующим образом [1]:

$$1) \mu(p) : E_1 \rightarrow [0; 1];$$

$$2) \mu(p) = 0 \text{ для всех } p \in (-\infty; p_1);$$

$$3) \mu(p) \text{ — строго возрастающая функция на интервале } [p_1; p_2];$$

$$4) \mu(p) = 1 \text{ для всех } p \in [p_2; p_3];$$

$$5) \mu(p) \text{ — строго убывающая функция на интервале } [p_3; p_4];$$

$$6) \mu(p) = 0 \text{ для всех } p \in (p_4; \infty),$$

где  $p_j$  — действительные числа такие, что  $p_1 < p_2 \leq p_3 < p_4$ .

Предположим далее, что  $a_{i2}, b_{j1}$  в нечеткой МКНП-задаче являются нечеткими числами с функциями принадлежности  $\mu(a_{ir}), \mu(b_{jl})$  соответственно. Для простоты обозначений определим следующие векторы и матрицы

$$\mathbf{a}_i = [a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ip_i}]; \mathbf{b}_j = [b_{j1}, b_{j2}, \dots, b_{js}];$$

$$\mathbf{A} = [a_1, a_2, \dots, a_k]; \mathbf{B} = [b_1, b_2, \dots, b_m].$$

Тогда можно ввести множество  $\alpha$  уровня или  $\alpha$ -сечение нечетких чисел  $a_{ir}$  и  $b_{js}$ .

*Определение 2.* Множеством уровня  $\alpha$  нечетких чисел  $a_{ir}(i = \overline{1, k}, r = \overline{1, p_i})$  и  $b_{js}(j = \overline{1, m}, s = \overline{1, q_j})$  называется множество  $L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ , для которого степень принадлежности всех элементов не меньше величины  $\alpha$ , т.е.

$$L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b}) = \left\{ (\mathbf{a}, \mathbf{b}) \mid \begin{array}{l} \mu(a_{ir}) \geq \alpha, i = \overline{1, k}, r = \overline{1, p_i} \\ \mu(b_{js}) \geq \alpha, j = \overline{1, m}, s = \overline{1, q_j} \end{array} \right\}. \quad (4)$$

Множества уровня  $\alpha$  обладают следующим свойством:  $\alpha_1 \leq \alpha_2$  тогда и только тогда, когда  $L_{\alpha_1}(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \supseteq L_{\alpha_2}(\mathbf{a}, \mathbf{b})$ .

Итак, для некоторого заданного значения  $\alpha$  задача нечеткого МКНП может трактоваться как следующая  $\alpha$ -МКНП задача:

$$\text{минимизировать } f(\mathbf{x}, \mathbf{a}) = [f_1(\mathbf{x}, \mathbf{a}_1), f_2(\mathbf{x}, \mathbf{a}_2), \dots, f_k(\mathbf{x}, \mathbf{a}_k)] \quad (5)$$

при условии

$$\mathbf{x} \in X(\mathbf{b}) = \{ \mathbf{x} \in E^n \mid g_j(\mathbf{x}, \mathbf{b}_j) \leq 0, j = \overline{1, m}, (\mathbf{a}, \mathbf{b}) \in L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \}. \quad (6)$$

Следует подчеркнуть, что в  $\alpha$ -МКНП задаче параметры  $(\mathbf{a}, \mathbf{b})$  рассматриваются как переменные, а не как константы. Используя множества уровня  $\alpha$  нечетких чисел, введем понятия *Парето-оптимального решения* для нечеткой  $\alpha$ -МКНП задачи [1].

*Определение 3.* Вектор  $\mathbf{x}^* \in X(\mathbf{b}^*)$  называют  $\alpha$ -Парето-оптимальным решением задачи (5), (6) тогда и только тогда, когда не существует другого  $\mathbf{x} \in X(\mathbf{b}), (\mathbf{a}, \mathbf{b}) \in L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b})$  такого, что

$$f_i(\mathbf{x}, \mathbf{a}_i) \leq f_i(\mathbf{x}^*, \mathbf{a}_i^*), i = \overline{1, k} \quad (7)$$

и строгое неравенство выполняется, по крайней мере, для одного  $i$ , где соответствующие величины параметров  $(\mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*)$  называются оптимальными параметрами уровня  $\alpha$ .

Как следует из данного определения,  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение является обобщением понятия Парето-оптимального решения на случай нечетких многокритериальных задач.

Из свойств множества уровня  $\alpha$  вытекает следующее утверждение.

Пусть  $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2$  – Парето-оптимальные решения уровней  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  соответственно,  $(\mathbf{a}^1, \mathbf{b}^1), (\mathbf{a}^2, \mathbf{b}^2)$  – соответствующие оптимальные параметры уровня  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  задачи МКНП. Если  $\alpha_1 \geq \alpha_2$ , то существуют  $\mathbf{x}^2$  и  $(\mathbf{a}^2, \mathbf{b}^2)$  такие, что  $f(\mathbf{x}, \mathbf{a}^1) \geq f(\mathbf{x}, \mathbf{a}^2)$  для любого  $\mathbf{x}^1$  и  $(\mathbf{a}^1, \mathbf{b}^1)$ .

Как следует из данного определения, обычно  $\alpha$ -Парето-оптимальные решения состоят из бесконечного множества точек и ЛПР должен выбрать свой компромисс или удовлетворительное решение среди  $\alpha$ -Парето-оптимальных решений, основанных на его субъективных суждениях.

Чтобы отыскать “кандидата” на удовлетворительное решение (которое является также и Парето-оптимальным) ЛПР просят определить степень  $\alpha$  для множеств  $\alpha$ -уровня, а также эталонные уровни достижения значений ц.ф., которые называются “эталонными” уровнями.

Для указанных ЛПР степени  $\alpha$  и эталонных уровней  $\overline{f}_i$  соответствующее  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение, которое отвечает требованиям ЛПР получается путем решения следующей минимаксной задачи:

$$\text{найти } \min_{\mathbf{x} \in X(\mathbf{b})} \max_i [f_i(\mathbf{x}, \mathbf{a}_i) - \overline{f}_i] \quad (7)$$

или эквивалентно: минимизировать  $\vartheta$  (8)  
при условиях

$$[f_i(\mathbf{x}, \mathbf{a}_i) - \overline{f}_i] \leq \vartheta, i = \overline{1, k}, \quad (9)$$

$$(\mathbf{a}, \mathbf{b}) \in L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b}), \quad (10)$$

$$\mathbf{x} \in X(\mathbf{b}).$$

Следует подчеркнуть, что минимаксная задача используется как средство генерации  $\alpha$ -Парето-оптимальных решений и, если ЛПР не удовлетворен текущим  $\alpha$ -Парето-оптимальным решением, то возможно улучшить это решение путем корректировки его эталонных уровней.

Взаимосвязи между оптимальными решениями минимаксной задачи и понятием  $\alpha$ -Парето-оптимальных решений задачи МКНП описываются следующими теоремами [1].

**Теорема 1.** Если  $(\mathbf{x}^*, \mathcal{G}^*, \mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*)$  – единственное оптимальное решение минимаксной задачи для некоторого  $\bar{f} = [\bar{f}_1, \bar{f}_2, \dots, \bar{f}_k]$ , то тогда  $\mathbf{x}^*$  –  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение для  $\alpha$ -МКНП задачи.

**Теорема 2.** Если  $\mathbf{x}^*$  –  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение и  $(\mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*)$  – оптимальные параметры  $\alpha$ -уровня в  $\alpha$ -МКНП задаче, то существует вектор  $\bar{f} = [\bar{f}_1, \bar{f}_2, \dots, \bar{f}_k]$  такой, что  $(\mathbf{x}^*, \mathcal{G}^*, \mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*)$  – оптимальное решение минимаксной задачи.

Если же оптимальное решение минимаксной задачи  $(\mathbf{x}^*, \mathcal{G}^*, \mathbf{a}^*, \mathbf{b}^*)$  не единственное, то можно проверить  $\alpha$ -Парето-оптимальность для  $\mathbf{x}^*$ , решив следующую задачу:

$$\text{найти } \max \sum_{i=1}^k \varepsilon_i \quad (11)$$

при условиях

$$\begin{aligned} f_i(\mathbf{x}, \mathbf{a}_i) + \varepsilon_i &= f(\mathbf{x}^*, \mathbf{a}_i^*), \varepsilon_i \geq 0, i = \overline{1, k} \\ \mathbf{x} &\in X(\mathbf{b}), (\mathbf{a}, \mathbf{b}) \in L_\alpha(\mathbf{a}, \mathbf{b}). \end{aligned} \quad (12)$$

Пусть  $(\tilde{\mathbf{x}}, \tilde{\mathbf{a}}, \tilde{\mathbf{b}})$  – оптимальное решение задачи (11), (12). Если все  $\varepsilon_i = 0$ , то  $\mathbf{x}^*$  –  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение. Если же хотя бы одно  $\varepsilon_i > 0$ , то можно показать, что  $\tilde{\mathbf{x}}$  является  $\alpha$ -Парето-оптимальным.

### **Интерактивный алгоритм поиска Парето-оптимальных решений задачи МКНП.**

Для решения рассматриваемых МКНП-задач с нечеткими параметрами предлагается следующий интерактивный алгоритм для поиска решений из множества  $\alpha$ -Парето-оптимальных решений, удовлетворяющих ЛПР.

Шаг 1. Вычислить индивидуальный минимум и максимум для каждой ц.ф.  $f_i(\mathbf{x})$  при заданных ограничениях для  $\alpha = 0$  и  $\alpha = 1$ .

Шаг 2. Попросить ЛПР выбрать начальное значение  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) и начальные эталонные уровни  $\bar{f}_i, i = \overline{1, 2, \dots, k}$ .

Шаг 3. Для выбранных значений  $\alpha, \{\bar{f}_i\}$  решить минимаксную задачу и выполнить тест на проверку  $\alpha$ -Парето-оптимальности.

Шаг 4. Сообщить ЛПР соответствующее  $\alpha$ -Парето-оптимальное решение и уровни замещения (обмена) между ц.ф. и степенью  $\alpha$ . Если ЛПР удовлетворен текущими значениями ц.ф. и  $\alpha$ , то конец. Иначе – ЛПР может скорректировать эталонные уровни и (или) значение  $\alpha$ , рассмотрев текущие значения ц.ф. и  $\alpha$  вместе с уровнями (величинами) замещения между ц.ф. и  $\alpha$ , и возвратиться к шагу 3.

В докладе приводится доказательство вышеприведенных теорем и результаты экспериментальных исследований предложенного метода решений нечетких МКНП-задач.

## **Литература**

1. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій. 7-е вид. – Київ: Вид. дім «Слово», 2007. - 816с.



### ДЕЯКІ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОРИНКУ

Енергетичний ринок має відміни від економічного ринку: пропозиція не реагує на ціну й має стохастичну поведінку. Виробництво електроенергії повинно швидко реагувати в режимі реального часу на зміни споживання електроенергії, тому що електроенергія не може ефективно зберігатися у великих об'ємах. Процес споживання електроенергії має нелінійний характер, він відображає багато факторів. Головні з них: фізіологічні цикли людини, зміна часу доби і сезонність, позмінна робота організації виробництва.

Більшість існуючих моделей енергетичного ринку або стаціонарні, або динамічні зі зворотнім зв'язком, але детерміновані та лінійні. Крім того, всі вони, явно, або неявно, застосовують гіпотезу про глобальну асимптотичну сталість замкнутої енергетичної системи. Як наслідок, стає можливим таке постійне балансування системи, в умовах якого має місце одночасне виконання обмежень з передач потужності та загальне соціальне забезпечення є максимальним. Але в сучасних умовах використання цієї гіпотези не завжди дає можливість побудувати досить адекватні моделі енергоспоживання. Зважаючи на сказане, метою роботи було розробити нелінійну модель енергетичного ринку, який має стохастичний характер.

Зараз для відбудови моделі енергоспоживання використовуються: методи обчислювального інтелекту, методи теорії ігор, фрактальні моделі, динамічні системи, мультиагенти, тощо. Методи обчислювального інтелекту спираються на евристичні алгоритми, які використовуються, наприклад, у нечіткій логіці, штучних нейронних мережах і еволюційному моделюванні. Створення фрактальних моделей з набором даних електроенергетичних і теплових мереж здатних описати реальних споживачів з нерівномірним навантаженням і точками живлення є перспективним напрямом. На основі теорії фракталів пропонуються методи короткострокового прогнозування навантаження. На основі теорії фракталів пропонуються методи короткострокового прогнозування навантаження.

Для захисту цілісності енергосистеми важливо враховувати фізичні обмеження та обмеження для безпеки в мережі. Тому створення схеми управління перевантаженнями, яка б вирішувала проблему обмежень потоків в енергетичних мережах, є однією з найбільш важких задач в структурі енергетичного ринку. Виходячи з практики роботи українських енергетичних мереж, була розроблена модель енергетичного ринку на основі диференціального рівняння у частинних похідних параболічного типу на динамічних графах. З'ясувалося, що більшість відомих лінійних динамічних моделей енергоспоживання є першим Галеркінським наближенням запропонованої нами моделі.

На базі прогнозу за допомогою запропонованої нами моделі з'ясувалося, що вони дають приблизно однаковий результат при умові виконання гіпотези про глобальну асимптотичну сталість замкнутої енергетичної системи.

### Література

1. Pierluigi Mancarella, Chin Kim Gan, Goran Strbac, Fractal models for electro-thermal network studies, 17th Power Systems Computation Conference (PSCC), Stockholm, Sweden, 22-26 August 2011
2. Hongsheng Su, Short-Term Load Forecasting Method Based on Fractal Theory, WSEAS Transactions on Circuits & Systems; Jun2012, Vol. 11 Issue 6, p169-181.
3. Ines Romero Navarro, Printed in Sweden by Media-Tryck Lund University Lund, 2002.
4. ZHANG Qing, ZHANG Li, Short Term Load Forecasting Using Chaotic Analysis Algorithm for Neural Network. Mechanical and Electrical Engineering Institute, Agricultural University of Hebei, P.R.China, 071000

**Заховалко Т.В. , Іванов С.М.**  
 ДВНЗ «Запорізький національний університет»  
Zakhovalko.t@gmail.com

## **ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ ІНТЕРНЕТ-ПРОЕКТУ НА БАЗІ МОДЕЛІ ІНФОРМАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ**

Сучасний етап розвитку економічних відносин в Україні характеризується значним підвищенням інтересу до нових підходів в управлінні економічними системами. Зміна форм власності, велика ступінь відкритості економіки викликали необхідність зміни методів управління від прямих директивних механізмів впливу до управління умовами існування господарчих суб'єктів, тобто, інформаційного управління, при якому, у кожного господарюючого суб'єкта зберігається свобода вибору рішень та свобода реалізації ініціатив. Тобто, проходить децентралізація влади, передача функцій та можливостей розпоряджатися своїми доходами від центру до місцевих рад. Новизна виникаючих при цьому проблем, їх багатоаспектність, відсутність значимого досвіду інформаційного управління актуалізують пошуки дійових механізмів реалізації стратегічних цілей розвитку як окремого господарюючого суб'єкта так і країни в цілому.

Питання інформаційного управління характерне для будь-якої галузі господарства, але особливу актуальність воно набуває в сільському господарстві, оскільки на сьогодні в цій галузі ще слабо використовуються сучасні технології управління взагалі, та інформаційні технології зокрема. Для підтримки діяльності сільськогосподарських підприємств необхідно створення сервісів, які б забезпечували оперативне інформування щодо стану на відповідних ринках, зв'язки з товарними ринками, а також забезпечували б просування товарів переробки.

Забезпечити таку технологію здатні сучасні інтернет-проекти, які розуміється як комплекс дій (робіт, послуг, придбань, управлінських операцій і рішень), спрямованих на просування товарів з використанням мережі Інтернет та системи WWW (при цьому поняття «товар» має широкий зміст). Як правило, поняття «Інтернет-проект» використовується для ІТ-компаній, пов'язаних з мережею Інтернет, його синонімом часто є поняття «стартап», а визначальними характеристиками – такі складові: нова ідея, обмежені ресурси, ефективна стратегія просування ідеї на ринку, яка забезпечує швидкий розвиток компанії.

В роботі запропонована концепція інтернет-проектів на основі розробленої моделі інформаційного управління, представленої на рис.1.

Модель включає агента (агентів) та керуючий орган – центр. Кожен агент характеризується циклом «інформованість агента → дія агента → спостережуваний агентом результат → інформованість агента», і у різних агентів ці три компоненти циклу є, взагалі кажучи, різними. В той же час, це і відображає напис «Агент(и)» на рисунку, можна вважати цей цикл спільним для всієї керованої підсистеми, тобто для всього набору агентів.

Що стосується взаємодії агента (агентів) і центру, то воно характеризується:

- а) інформаційною дією центру, що формує ту або іншу інформованість агента(ів) (так само можна розглядати і дію центру на спостережуваний агентом (агентами) результат, тобто «центр → спостережуваний результат» (рис. 1));
- б) реальним результатом дії агента (агентів), який робить вплив на інтереси центру.

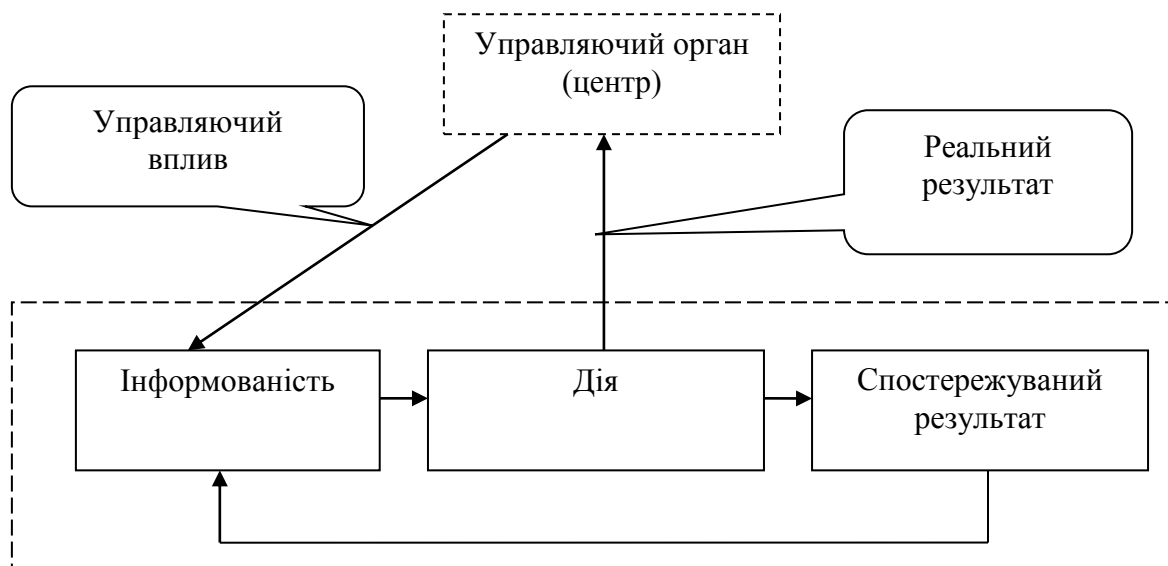


Рис. 1 – Модель інформаційного управління

Розроблений інноваційний інтернет-проект характеризується своєю інвестиційною привабливістю. Для оцінки його ефективності використана розроблена в [4] методологія оцінювання кількісних показників інвестиційних Інтернет-проектів, яка базується на використанні теорії клітинних автоматів та призначена для підтримки прийняття рішень у процесі розробки Інтернет-проектів. Для обґрунтування умов та інтервалів значень параметрів проекту, які є чинниками інвестиційної привабливості проекту, використовується агентно-орієнтоване моделювання та теорія соціальних мереж.

В роботі проведено імітаційне моделювання розвитку Інтернет-проекту інформаційного управління в галузі сільського господарства. Аналіз результатів дав змогу виявити особливості та статистичні характеристики розвитку Інтернет-проекту, побудувати прогноз на основі вимірюваних структурних властивостей і локальних правил управління параметрами проекту, розробити практичні рекомендації щодо обґрунтування рішень про доцільність, обсяги та періодичність вкладання додаткових ресурсів на активізацію діяльності проекту.

Крім того імітаційне моделювання дозволило як переконатися в адекватності моделі інформаційного управління, а також виявило ряд питань, пов'язаних з високим ступенем невизначеності, що притаманна економічній інформації, яка надається, дослідження яких є перспективою подальших пошуків.

### Література

1. Введение в информационное управление / [В. В. Кульба, В. Д. Малюгин, А. Н. Шубин, М. А. Вус]. — СПб. : Изд-во С.Петербургского ун-та, 1999. — 123 с.
2. Тавридович С. А. Сетевая модель Web-проекта. Моделирование посещения пунктов уникальными пользователями/ С. А. Тавридович // Современные аспекты экономики. — СПб.: 2002. — №7 (20). — С.
3. Заховалко Т.В. Моделі інформаційного управління в прийнятті рішень на рівні місцевого самоврядування / Т.В. Заховалко, Н.К. Максишко , О.І. Баштанник // Вісник Запорізького національного університету : збірник наукових праць. Економічні науки. — 2010. — № 4 (8). — С. 124–136.
4. Іванов С. М. Моделювання кількісних показників інвестиційного Інтернет-проекту / С. М. Іванов, Н. К. Максишко // Моделі управління в ринковій економіці. — 2012. — № 12.

Ильина Е. П.

Институт программных систем НАН Украины

ilyina@isofts.kiev.ua

## МЕХАНИЗМЫ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КОГЕРЕНТНОСТИ ПОЛЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Обобщением традиционных трактовок организационного решения  $D$  можно считать результат отображения

$$D(St_1(O), A, Con) = St_2(O),$$

где  $O$  – объект воздействия,  $St_1(O)$ ,  $St_2(O)$  – его исходное и целевое состояние,  $A$  – выбранный способ воздействия. При этом  $O$  принадлежит корпоративной архитектуре, онтологическая модель которой была предложена в проекте Enterprise Ontology [1] и развита в работе [2].

В настоящее время, с учетом динамичности вызовов для организационной системы, неопределенности развития среды, распределенности знаний и полномочий ЛПП, а также доминирования требований к удовлетворению интересов стейкхолдеров, более адекватной представляется модель

$$D(St_1(O), A, Con, PS) = St_2(O), \{St(OCA)_i\}_i,$$

где  $PS$  – проблемная ситуация, для оперирования которой принимается решение;  $OCA_i$  –  $i$ -й объект корпоративной архитектуры, изменяющий состояние в результате  $D$ .

Для оперирования такими моделями онтология корпоративной архитектуры должна быть развита введением онтологии решений. Построению облика таких онтологий посвящен международный проект [3]. Специализированная модель применительно к организационным решениям предложена автором в [4].

Одним из важнейших объектов  $(OCA)_i$  является поле решений организации  $DF$ , включающее все вырабатываемые и принимаемые решения из прошлого, настоящего и планируемого будущего. Его состояние определяется соотношениями между решениями, которые могут оказывать влияние на эффективность и качество друг друга.

Разработка онтологически аксиоматизированной системы свойств  $DF$ , служащей определением когерентности (гармонизованности) его состояния была целью проведенной работы.

Важнейшими онтологическими подмоделями в механизме оценки когерентности являются формальные определения категорий [4] Решение, Воздействие, Цель.

Модель Цели  $G$  имеет состав

$$G = \langle A, TS, S_1, S_2, S_3, S_4 \rangle,$$

где  $A$  – источник знаний о цели;  $TS$  – момент ее постановки;  $S_1$  – направленность (целевой объект, характеристики его состояния, целевое состояние, критерий достижения);  $S_2$  – характеристика (владелец, способ инициирования, жесткость);  $S_3$  – позиция в системе целей (деревья и пакеты, в которые входит, цели-предшественники, детализирующие цели);  $S_4$  – реализация (множество альтернативных воздействий  $A$ , реализующих  $G$ ; приоритет  $G$ ).

Воздействие  $A$  представлено как

$$A = \langle O, EM, ECON, Res, EX, TE, KTS \rangle,$$

где  $O$  – объект воздействия;  $EM$  – мероприятие;  $ECON$  – влияющие условия среды;  $Res$  – ресурсы;  $EX$  – исполнители;  $TE$  – срок;  $KTS$  – критерий успешности.

Решение  $D$  представлено в онтологии [4] знаниями обо всех этапах его принятия

$$D = \langle PAS, D_1, D_2, D_3, D_4 \rangle,$$

где  $PAS$  – паспорт (временные параметры и ЛПП);  $D_1$  – проблемная ситуация (область проявлений, конфликтующие элементы, затронутые интересы);  $D_2$  – решаемая проблема (характер вмешательства в ситуацию, возможные мишени вмешательства);  $D_3$  – выбираемое воздействие (цель воздействия, множество альтернатив, учитываемые точки зрения, модель предпочтений, результат выбора, критерии качества);  $D_4$  – результаты выполнения (риски, вклад в основную цель, вклад в эффективность организации, объекты, затрагиваемые свойства и значимость побочных влияний).

Для поиска взаимовлияющих решений в составе *DF* определены, в формате предикатов соотношений между элементами их моделей, следующие кластеры решений: **Каскад**, возникающий при распределении работ по достижению цели в иерархии подразделений; **Цепь**, состоящий из последовательно уточняющих друг друга решений в цикле планирования; **Подушка безопасности** – решения, способные вернуть в исходное состояние целевой объект решения *D* после его выполнения; **Щит** – решения, защищающие мишени побочных влияний решения *D*; **Тень** – решения, испытывающие негативные влияния из-за реализации *D*; **Препятствие** – решения, прямо или косвенно противодействующие эффекту *D*; **Конкуренция** – решения, ресурсно конкурирующие с *D*; **Параллель** – решения, направленные на разрешение той же проблемной ситуации, что и *D*; **Маргинал** – решения, включающие форматы воздействий на тот же целевой объект и с той же целью, что и *D*, отвергнутые во время их принятия, но приобретающие перспективность в новых условиях.

Разработан аппарат оценки уровня выполненности условий, определяющих когерентность заданного состояния *DF*:

- бесконфликтности решений в цепях и в каскадах;
- защищенности целевых трендов от противодействия новых решений на заданном временном отрезке;
- сохранности интересов стейкхолдеров;
- представительности спектра привлеченных точек зрения и приемлемости достигнутых компромиссов;
- отсутствия необратимости и антогонистичности среди критических решений организации.

Предложенный аппарат предназначен для использования в корпоративных системах онтологически базированной поддержки принятия решений [4] для задач выбора вариантов воздействий, оценки рисков, оценки качества принимаемых решений, а также выявления узких мест в корпоративной системе процессов организационного управления.

### Литература

1. Uschold, M. The Enterprise Ontology. – AIAI\_TR-1998. – 61 p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>
2. Григорьев Л. Ю., Кудрявцев Д. В. Организационное проектирование на основе онтологий: методология и система ОРГ-Мастер // Журнал «Научно-технические ведомости СПбГПУ. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». №1. 2012. – С. 21–28.
3. Towards a Semantic Decision Representation Format [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.w3.org/2005/Incubator/decision/XGR-decision>
4. Ильина Е. П. Управление качеством организационных решений на основе формализованного корпоративного знания // Математические машины и системы. – 2014. – № 1. – С. 129-142.

**ЦЕНТРАЛЬНА ГРАНИЧНА ТЕОРЕМА ДЛЯ СУМ ВИПАДКОВОЇ КІЛЬКОСТІ  
ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН**

Починаючи із робіт [1], [2], велика кількість досліджень присвячена вивченню граничних закономірностей для сум випадкової кількості випадкових величин. У роботі [3] розглядаються задачі, що приводять до необхідності вивчення закономірностей для таких сум. Що стосується класу граничних законів, які тут виникають, то такі результати містяться, наприклад, у роботах [4]–[7].

Нехай  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots$  незалежні і однаково розподілені випадкові величини із функцією розподілу  $F(x)$ ,  $M\xi_i = 0$ ,  $D\xi_i = 1$ . І нехай  $\nu_n$  – послідовність цілочислових невід’ємних випадкових величин таких, що  $\xi_i$  і  $\nu_n$  – незалежні при всіх  $i$  і  $n$ . Розглянемо

величину  $S_n = \frac{\xi_1 + \dots + \xi_n}{\sqrt{n}}$ . Функцію розподілу  $S_n$  позначимо через  $\Phi_n(x)$ . Замінімо  $n$  на

$\nu_n$  і розглянемо величину  $S_{\nu_n}$ , функцію розподілу цієї величини позначимо  $P\{S_{\nu_n} < x\} = G_n(x)$  і  $P_{nk} = P\{\nu_n = k\}$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ . Тоді функція розподілу  $S_{\nu_n}$  має

вигляд  $G_n(x) = \sum_{k=1}^{\infty} P_{nk} \Phi_k(x)$ .

**Теорема 1.** Якщо  $\nu_n \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{p} \infty$ , то  $G_n(x) \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{} \Phi(x)$ , де  $\Phi(x)$  – функція розподілу стандартного нормального закону.

Розглянемо псевдомомент вигляду  $\nu_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \max(1, |x|^3) d(F(x) - \Phi(x))$ .

У [8] одержано, що для всіх  $n \geq 1$   $\sup_x |\Phi_n(x) - \Phi(x)| \leq C \frac{\nu_0}{\sqrt{n}}$ , де  $C$  – абсолютна стала. Із цієї оцінки випливає, що  $\sup_x |G_n(x) - \Phi(x)| \leq C^{(2)} \nu_0 \sum_{k=1}^{\infty} P_{nk} \frac{1}{\sqrt{k}}$ .

Приклад. Нехай  $P_{nk} = P\{\nu_n = k\} = e^{-\lambda_n} \frac{\lambda_n^{k-1}}{(k-1)!}$ ,  $k = 1, 2, \dots$ , тобто  $\nu_n$  має розподіл

Пуассона. Якщо  $\lambda_n \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{p} \infty$ , то  $\nu_n \xrightarrow[n \rightarrow \infty]{p} \infty$ . В цьому випадку

$$\sup_x |G_n(x) - \Phi(x)| \leq C \frac{\nu_0}{\sqrt{\lambda_n}}.$$

Нехай  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n, \dots$  незалежні випадкові величини,  $M\xi_i = a_i$ ,  $D\xi_i = \sigma_i^2$ ,  
 $F_i(x) = P\{\xi_i < x\}$ ,  $B_n^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2$ ,  $S_n = \frac{1}{B_n} \sum_{k=1}^n (\xi_k - a_k)$ ,  $\Phi_n(x) = P\{S_n < x\}$ ,  
 $L_n(\varepsilon) = \frac{1}{B_n^2} \sum_{k=1}^n \int_{|x-a_k| \geq \varepsilon B_n} (x-a_k)^2 dF_k(x)$ ,  $\varepsilon > 0$ .

За теоремою Ліндеберга, якщо для довільного  $\varepsilon > 0$   $L_n(\varepsilon) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$ , то  $\Phi_n(x) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \Phi(x)$ .

Нехай  $\nu_n$  – послідовність додатних цілочислових випадкових величин з розподілом  
 $P_{nk} = P\{\nu_n = k\}$ ,  $k = 1, 2, \dots$ , причому  $\xi_i$  і  $\nu_n$  – незалежні,  $G_n(x) = P\{S_{\nu_n} < x\}$ .  
 Позначимо  $Z_n(\varepsilon) = \sum_{k=1}^{\infty} P_{nk} L_k(\varepsilon)$ .

**Теорема 2.** Якщо для довільного  $\varepsilon > 0$   $Z_n(\varepsilon) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} 0$ , то  $G_n(x) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} \Phi(x)$ .

### Література

1. Robbins H. The asymptotic distribution of the sum of a random number of random variables//Bull. Amer. Math. Soc., 54, 1948, 1151-1161.
2. Добрушин Р.А. Лемма о пределе сложной функции//УМН, 1955, 10, в.2(64), с.157-159.
3. Гнеденко Б.В. О связи теории суммирования независимых случайных величин с задачами теории массового обслуживания и теории надёжности//Revue Roumaine, math. Pures et appl. - 1967, №12.- С.1243-1253.
4. Гнеденко Б.В., Фахим Г. Об одной теореме переноса//Докл. АН СССР. - 1969. – т.187, №1. - С. 15-17.
5. Гнеденко Б. В. Курс теории вероятностей. – М., Наука, 1988. – 448 с.
6. Саас Д., Фрайер Б. Одна задача теории суммирования со случайным индексом//Лит. Мат. сб.,1971,т. 11, №1, с.181-187.
7. Круглов В.М., Королев В.Ю. Предельные теоремы для случайных сумм. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 269с.
8. Zolotarev V.M. Exactness of an approximation in the central limit theorem //Proceedings of the second Japan – USSR Symposium on Probability Theory. – Berlin: Springer – Verlag, 1973. – P.531– 543.

**Івохін Є.В., Аджубей Л.Т., Субхі Камл А.Б.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

E-mail: ivohin@univ.kiev.ua, adzhubey@ukr.net, barraq\_1978@ukr.net

м.Київ, пр.Глушкова, 4Д, ф-т кібернетики КНУ імені Тараса Шевченка, тел.2588984

### **АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ ОДНІЄЇ ДВОРІВНЕВОЇ МОДЕЛІ ВИРОБНИЧО-ТРАНСПОРТНОЇ ЗАДАЧІ**

Принципи блочної оптимізації [1] спрощують аналіз, вирішення та змістовні висновки багатьох задач планування та управління. Завдяки таким методам можна розбити складну виробничо-транспортну задачу (ВТЗ) на автономні задачі планування виробництва і організації доставки продукції. При цьому, зрозуміло, виникає необхідність в ітеративному узгодженні інтересів виробничої і транспортної систем. З іншого боку, інтерпретація отриманих результатів у змістовних термінах достатньо часто дозволяє визначити раціональні підходи функціонування різних економічних та технічних систем [2, 3].

Пропонується розглянути дискретну виробничо-транспортну задачу. Припустимо, що виробники продукції (кількість яких  $N$ ) можуть використати декілька способів виробництва ( $S$ ), кожен з яких характеризується різною кількістю товарів, а також різною вартістю виробництва і максимально можливим обсягом товарів певного типу. Будемо вважати, що виробники (постачальники) забезпечують споживачів (у кількості  $M$ ) одним видом товару, і питома вартість перевезень від постачальників до споживачів є відомою. Кожен споживач може задовольняти свої потреби у товарі за допомогою довільного набору виробників.

Позначимо:

$c_{ik}^p$  - питому вартість виробництва продукції  $i$ -им виробником за допомогою  $k$ -го способу;

$c_{ij}^t$  - питому вартість перевезень продукції від  $i$ -го виробника  $j$ -му споживачу;

$b_j$  - величину попиту  $j$ -го споживача;

$a_{ik}$  - кількість продукції, виготовленої  $i$ -им виробником  $k$ -им способом;

$z_{ik}$  - інтенсивність використання  $k$ -го способу  $i$ -им виробником протягом частини періоду, який приймається рівним 1;

$x_{ij}$  - кількість продукції, перевезеної  $i$ -им виробником  $j$ -му споживачу;

$i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, S}$ .

Нехай кожен споживач може задовольнити свою потребу у продукції тільки за рахунок одного виробника. Тоді запишемо ВТЗ як дворівневу неперервно-дискретну задачу лінійного програмування наступного вигляду:

$$f(z) = \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^S c_{ik}^p z_{ik} \rightarrow \min \quad (1)$$

за умов

$$g(x) = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N c_{ij}^t b_j y_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^N y_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^M b_j y_{ij} \leq \sum_{k=1}^S a_{ik} z_{ik}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^S z_{ik} \leq 1, \quad i = \overline{1, N}, \quad (5)$$

$$z_{ik} \geq 0, \quad y_{ij} \in \{0,1\}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, M}, \quad k = \overline{1, S}. \quad (6)$$

Для пошуку оптимального розв'язку дворівневої ВТЗ (1)-(6) пропонується використати



ітераційну схему.

Позначимо як і раніше  $z^s = \{z_{ik}^s\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $k = \overline{1, S}$  та  $v^s = \{v_i^s\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ , - наближення розв'язків  $z$  та  $v$  дискретної ВТЗ (17)-(22), що отримані на ітерації з номером  $s$ ,  $s = 0, 1, 2, \dots$

Тоді ітераційний процес можна записати у вигляді:

Крок 0. Покладемо  $s = 0$ ,  $\lambda_0 = 1$ ;  $v_i^0 = 0$ ;  $i = \overline{1, N}$ ,  $Eps > 0$ . Задамо довільне початкове  $z^0$ .

Крок з номером  $s$ .

1. Розв'язується задача верхнього рівня

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^S (c_{ik}^p - a_{ik} v_i^s) z_{ik} \rightarrow \min,$$

з обмеженнями  $\sum_{j=1}^M b_j y_{ij} \leq \sum_{k=1}^S a_{ik} z_{ik}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $y_{ij} \in \{0, 1\}$ ,  $z_{ik} \geq 0$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, S}$ ;

Позначимо  $\bar{z}^s = \{\bar{z}_{ik}^s\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $k = \overline{1, S}$ , - розв'язок задачі, обчислимо  $\bar{v}_i^s = \sum_{k=1}^S a_{ik} \bar{z}_{ik}^s$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

2. Розв'язується задача нижнього рівня

$$\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N c_{ij}^r x_{ij} \rightarrow \min,$$

з обмеженнями  $\sum_{j=1}^M x_{ij} \leq \bar{v}_i^s$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $x_{ij} \geq 0$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ;

Позначимо розв'язок задачі  $x^s = \{x_{ij}^s\}$ ,  $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, M}$ .

3. Обчислюються нові наближення  $z$  та  $v$   $z^{s+1} = (1 - \lambda_s) z^s + \lambda_s \bar{z}^s$ ,  $v^{s+1} = (1 - \lambda_s) v^s + \lambda_s \bar{v}^s$ .

Збільшуються значення  $s$  та перераховується  $\lambda_s$ :  $s = s + 1$ ,  $\lambda_s = 1/(s + 1)$ .

Якщо для наближення  $z^{s+1}$  справедлива нерівність  $\|z^{s+1} - z^s\| < Eps$ , то обчислення завершуються. Інакше переходимо до пункту 1 наступної ітерації. ■

Умови  $0 \leq \lambda_s \leq 1$ ,  $\lambda_s \rightarrow 0$ ,  $s = 0, 1, 2, \dots$ ,  $\sum_{s=0}^{\infty} \lambda_s = \infty$ , виконуються. Тому, як вже було сказано

вище, послідовність  $z^s$ ,  $s = 0, 1, 2, \dots$ , збігається до оптимального розв'язку виробничої задачі (1)-(6), а послідовність  $x^s$ ,  $s = 0, 1, 2, \dots$ , відповідно, - до оптимального розв'язку транспортної задачі (2)-(6).

Даний алгоритм був запропонований для розв'язання задачі ефективного розподілу потужностей каналів передачі даних між вузлами мережі провайдерів та користувачів з урахуванням потреб і переваг абонентів, так і можливостей провайдерів. Ця задача відома як задача розподілу обмежених ресурсів каналів передачі даних, що відноситься до ієрархічних задач оптимізації. Використання запропонованого підходу дозволило отримати розв'язок поставленої задачі як виробничо-транспортної задачі. Необхідно відмітити, що отримання чисельних результатів за даним методом проводиться з достатньо високою обчислювальною ефективністю, що говорить про конструктивність застосування запропонованого алгоритму в оптимізаційних задачах з двома рівнями формалізації.

## Література

1. Юдин Д.Б. Экстремальные модели в экономике/ Д.Б.Юдин, А.Д.Юдин. - М.: Экономика, 1979. - 288с.
2. Волконский В.А. Принципы оптимального планирования/ В.А.Волконский. - М.: Экономика, 1973. - 216с.
3. Lukas, Z., Hunjet D. and Neralic L. (2008) Solving the production-transportation problem in the Petroleum Industry// Revista Investigacion Operacional. V.29. №1. p.63-70.

## МЕТОД ЗНАХОДЖЕННЯ МОДУЛІВ ДОСКОНАЛОЇ ФОРМИ СИСТЕМИ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ

На даний час система залишкових класів (СЗК) [1], є однією з альтернатив двійковій системі числення, що дозволяє застосовувати нові підходи до організації обчислювальних систем при виконанні елементарних математичних операцій [2]. Хоча СЗК не позбавлена недоліків, до яких відносяться, зокрема, відсутність ділення та порівняння чисел, необхідність визначення умов переповнення розрядної сітки, однак її успішно можна застосовувати для додавання, віднімання та множення цілих багато розрядних чисел [3]. Особливо корисним може бути застосування СЗК в задачах сучасної криптографії [4]. Безсумнівною перевагою СЗК є можливість виконання операцій над числами, які менші за вибрані модулі, розпаралелення процесу обчислень та відсутність міжрозрядних переносів.

СЗК – це непозиційна система числення [5], десяткові числа в якій представляються невід’ємними залишками від ділення на кожен з системи взаємно простих модулів  $p_i$ . Додавання, віднімання і множення в СЗК відбуваються незалежно по кожному модулю без переносів між розрядами. Зворотнє перетворення з СЗК у десяткову систему числення ґрунтується на використанні китайської теореми про залишки [6] і є досить громіздким процесом, що являється ще одним недоліком СЗК, який стримував її розвиток і поширення.

У роботі [7] запропоновано досконалу форму СЗК (ДФ СЗК), у якій можна уникнути операції пошуку оберненого елемента за модулем. Крім того, у [8], [9] було розвинуто дану теорію та розроблено один з методів вибору системи модулів для ДФ СЗК. Однак він не вичерпує всіх можливих варіантів наборів модулів ДФ СЗК при заданій їх кількості.

Виходячи з вищесказаного, метою нашої роботи є подальший розвиток теорії ДФ СЗК та визначення умов, які дозволяють побудувати всі можливі варіанти для заданої кількості модулів ДФ СЗК.

Використавши, згідно [8], відповідні спрощення та вибравши кількість модулів  $n=6$ , система модулів для ДФ СЗК задовольнятиме рівнянню [8]:

$$\frac{1}{p_1} + \frac{1}{p_2} + \frac{1}{p_3} + \frac{1}{p_4} + \frac{1}{p_5} + \frac{1}{p_6} = 1 + \frac{1}{p_1 p_2 p_3 p_4 p_5 p_6}. \quad (1)$$

На даний час відомі тільки такі набори модулів ДФ СЗК, в яких  $p_1=2$ ,  $p_2=3$ . Врахувавши це та відповідно трансформували (1), отримаємо:

$$6p_3 p_4 (p_5 + p_6) = (p_4(p_3 - 6) - 6p_3)p_5 p_6 + 1. \quad (2)$$

Введемо позначення:

$$p_{5,6} = \frac{6p_3 p_4 + a, b}{p_4(p_3 - 6) - 6p_3}. \quad (3)$$

Підставивши (3) в (2), будемо мати умову, яка повинна виконуватися для визначення набору модулів для ДФ СЗК:

$$(6p_3 p_4)^2 - (p_4(p_3 - 6) - 6p_3) = ab. \quad (4)$$

Це означає, що ліва частина (4) повинна бути факторизована, на основі чого визначаються параметри  $a$  та  $b$ . Крім того, як випливає з (3), модулі  $p_5$  та  $p_6$  мають бути цілими числами, тобто

$$(6p_3 p_4 + a, b) \bmod (p_4(p_3 - 6) - 6p_3) = 0. \quad (5)$$

Отже, вирази (4) та (5) визначають умови знаходження будь-якого варіанту набору модулів ДФ СЗК. У таблиці 1 представлено можливі варіанти набору з 6 модулів ДФ СЗК при заданих  $p_1=2$ ,  $p_2=3$  з використанням запропонованого методу.

Таблиця 1.

| №  | $p_3$ | $p_4$ | $a$     | $b$            | $p_5$ | $p_6$   |
|----|-------|-------|---------|----------------|-------|---------|
| 1  | 7     | 43    | 1       | 5·19·19·13·139 | 1807  | 3263441 |
| 2  |       |       | 5       | 19·19·13·139   | 1811  | 654133  |
| 3  |       |       | 13      | 5·19·19·139    | 1819  | 252701  |
| 4  |       |       | 19      | 5·19·13·139    | 1825  | 173471  |
| 5  |       |       | 5·13    | 19·19·139      | 1871  | 51985   |
| 6  |       |       | 5·19    | 19·13·139      | 1901  | 36139   |
| 7  |       |       | 139     | 5·19·19·13     | 1945  | 25271   |
| 8  |       |       | 19·13   | 5·19·139       | 2053  | 15011   |
| 9  |       |       | 19·19   | 5·13·139       | 2167  | 10841   |
| 10 |       |       | 5·139   | 19·19·13       | 2501  | 6499    |
| 11 |       |       | 5·13·19 | 19·139         | 3041  | 4447    |
| 12 |       |       | 5·19·19 | 13·139         | 3611  | 3613    |
| 13 | 47    | 47    | 1       | 9041·431       | 395   | 779729  |
| 14 |       |       | 431     | 9041           | 481   | 2203    |
| 15 | 53    | 53    | 5·151   | 6563           | 271   | 799     |
| 16 | 71    | 71    | 5       | 1778459        | 103   | 61429   |
| 17 | 11    | 23    | 1       | 5·5·61·1511    | 31    | 47057   |

Отже, значення елементів таблиці обчислені за допомогою аналітичних розрахунків, причому метод з [8] є частковим випадком запропонованого. Крім того, визначено умови, які дозволяють обчислити усі варіанти системи модулів для заданої їх кількості у ДФ СЗК.

### Література

1. Николайчук Я.М. Теория джерел інформації / Я.М.Николайчук. – Тернопіль: ТзОВ „Терно–граф”, 2010. – 536 с.
2. Николайчук Я.М., Волинський О.І., Кулина С.В. Теоретичні основи побудови та структура спецпроцесорів в базисі Крестенсона / Я.М.Николайчук, О.І.Волинський, С.В.Кулина // Вісник Хмельницького національного університету.-Хмельницький.-2007.- №3.- Т1.- С.85-90.
3. Задірака В.К., Олексюк О.С. Комп’ютерна арифметика багаторозрядних чисел: Наукове видання / В.К.Задірака, О.С.Олексюк. – К.: 2003. – 264 с.
4. Касянчук М.М. Теорія алгоритмів RSA та Ель–Гамала в розмежованій системі числення Радемахера–Крестенсона / М.М.Касянчук, І.З.Якименко, О.І.Волинський, І.Р.Пітух // Вісник Хмельницького національного у-ту. Технічні науки. – №3. – 2011.– с. 265-273.
5. Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И.Я.Акушский, Д.И.Юдицкий. – М: Сов.радио, 1968. – 440 с.
6. Бухштаб А.А. Теория чисел / А.А.Бухштаб. – М.: Просвещение, 1966. – 384 с.
7. Николайчук Я.М. Разработка теории и комплексов технических средств формирования, передачи и обработки цифровых сообщений в низовых вычислительных сетях автоматизированных систем: Дис. ... доктор техн. наук. – К.: Академия наук УССР Ордена Ленина Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, 1991: –573 с.
8. Касянчук М.М. Концепція теоретичних положень досконалої форми перетворення Крестенсона та його практичне застосування / М.М.Касянчук // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології // №2(20). – 2010. – с. 43-48.
9. Касянчук М.М. Теорія та математичні закономірності досконалої форми системи залишкових класів / М.М.Касянчук // Праці Міжнародного симпозіуму „Питання оптимізації обчислень (ПОО–XXXV)”. Т.1. – Київ–Кацивелі.– 2009.– С. 306–310.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ  
ФРАКТАЛЬНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

В настоящее время стало общепризнанным, что многие информационные, биологические, физические, технологические процессы обладают сложной фрактальной структурой. Однако на данный момент еще не разработаны системы интеллектуального анализа данных, реализующие методы исследования фрактальных свойств временных рядов. В работе [1] предложены принципы построения экспертной системы (ЭС), в которой база знаний (БЗ) представляет собой формализованные эмпирические знания специалистов в области фрактального анализа. Данная ЭС предназначена для анализа фрактальной структуры временных рядов (ВР) и выбора математической модели стохастического процесса, обладающего требуемыми фрактальными и статистическими свойствами. Знания в БЗ имеют следующую структуру: интерпретируемые знания (используются в решателе) и неинтерпретируемые знания, необходимые для подсистемы объяснений и диалога. Первоначально интерпретируемые знания были условно разделены на два блока: стандартные статистические характеристики ВР (спектр, корреляционная функция, моменты разных порядков и др.) и фрактальные характеристики (показатель Херста, мультифрактальный спектр, тяжесть хвоста распределения и др.).

Однако тестирование ЭС и решение с ее помощью задач, направленных на распознавание или классификацию ВР, показали необходимость добавить в БЗ блок знаний, определяющий информационную сложность ВР. Основными характеристиками сложности динамики систем можно считать различные типы энтропии и меры сложности структур рекуррентных диаграмм. Рекуррентный анализ базируется на повторяемости состояний процесса и является инструментом для обнаружения скрытых зависимостей в наблюдаемых ВР. Количественными мерами сложности рекуррентных диаграмм являются меры детерминизма, рекуррентности, ламинарности, тренда и т.д. Характеристикой сложности динамики ВР также являются разные типы энтропии: энтропия подобия, энтропия шаблонов, многомасштабная энтропия, вейвлет-энтропия и др.

Рассмотренные методы были реализованы с помощью web-ориентированной экспертной оболочки eXpertise2Go [2]. Данное приложение находится в открытом доступе и распространяется в учебных и экспериментальных целях. Его можно установить как на персональный компьютер пользователя, так и на удаленный Web-сервер. Приложение загружает базу знаний с сервера, либо с локальной машины. БЗ генерируется с помощью программного обеспечения e2gRuleWriter, которое определяет правила вывода и позволяет пользователю вводить данные различными способами.

С помощью данного приложения была создана БЗ, которая включает фрактальные характеристики и показатели информационной сложности, и сформированы правила вывода, позволяющие проводить классификацию фрактальных ВР. Одним из видов тестовых данных являлись записи ЭЭГ-сигналов лабораторных животных, которые были поделены на фазы бодрствования и сна. Использование разработанной ЭС позволяет определять состояние бодрствования или сна по реализациям ЭЭГ-сигналов короткой длины (до 500 значений).

**Литература**

1. Кириченко Л.О. Разработка алгоритмов принятия решений в экспертной системе фрактального анализа / Л.О. Кириченко, Ю.А. Кобицкая, А.В. Стороженко // Системные технологии – 2013. – Вып. 3(86) – С. 54-61.
2. Сайт [expertise2go.com](http://www.expertise2go.com) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.expertise2go.com/webesie/>

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УСЛУГ В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

Сети следующего поколения (Next generation networks, NGN) представляют собой единую транспортную платформу, на базе которой объединяются различные виды услуг. Одним из основных аспектов, который должен приниматься во внимание при проектировании NGN, является обеспечение соответствующего качества обслуживания (Quality of services, QoS). С внедрением сетей следующего поколения преобладающим становится подход к заданию уровня обслуживания на основании требований самих абонентов к качеству услуг. В используемых на данный момент системах управления качеством услуг внимание в основном уделяется техническим показателям работы сети. Таким образом, актуальной является разработка усовершенствованной системы управления качеством услуг в NGN, учитывающей требования пользователей.

Согласно рекомендации МСЭ-Т E.802 для оценки качества мультимедийных услуг применима модель четырех рынков [1], в которой учитывается разделение между транспортным уровнем и уровнем услуг. Общее качество обслуживания (воспринимаемое пользователем) является сочетанием различных элементов, работающих независимо друг от друга. Данная модель позволяет проводить раздельное обследование этих различных элементов и определять соответствующие критерии качества для соответствующих видов услуг. Так, для обеспечения требуемого уровня качества мультимедийных услуг – это комплекс действий, охватывающий создание контента, управление услугой, сеть доставки и клиентское оборудование.

Оценка качества услуги включает в себя как объективную оценку сетевых характеристик, так и субъективную экспертную и пользовательскую оценку. В [2] представлена методика определения комплексного показателя качества. Коэффициент удовлетворенности пользователя услугой определяется как сумма средних значений показателей удовлетворенности по влияющим на качество и доступность обслуживания факторам, взвешенных с учетом значимости этих факторов. При этом исходные данные для расчетов получены путем опроса пользователей.

Для стабильной работы сети необходимо непрерывное отслеживание степени удовлетворенности пользователя услугами в зависимости от изменения состояния сети. В данных условиях получение данных на основании оценок пользователей не обеспечивает достаточно быстрого реагирования. В этом случае преобразовать пользовательские оценки в математическую модель удобно с помощью теории нечетких множеств.

Для реализации экспертной системы выполнено моделирование с использованием инструментов Fuzzy Logic Toolbox.

Рассмотрим оценку QoS на примере услуги онлайн-воспроизведения и скачивания музыки. В таблице 1 определены критерии QoS согласно модели четырех рынков [1].

В качестве итогового показателя – выходной лингвистической переменной  $Z$  – выступает степень удовлетворенности пользователей качеством услуг. На данный показатель влияет множество факторов (табл. 1), в соответствии с которыми определены входные параметры системы нечеткого продуктивного вывода – лингвистические переменные  $X_i$  ( $i=1,2,1$ ):  $X_1$  – актуальность контента с терм-множеством [отличная, хорошая, средняя, низкого качества, неудовлетворительная];  $X_2$  – техническое качество исходного контента с терм-множеством [отличное, хорошее, среднее, низкого качества, неудовлетворительное] и т.д.

| создание контента (Y1):  | транспорт услуги (Y2):  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• актуальность контента;</li> <li>• техническое качество исходного контента;</li> <li>• популярность контента и исполнителей;</li> <li>• возможность преобразования исходного контента в другие форматы с минимальными искажениями;</li> <li>• аспекты противодействия пиратству и соблюдения прав интеллектуальной собственности;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• полоса пропускания;</li> <li>• сетевая задержка;</li> <li>• вариация задержки и ошибки;</li> <li>• коллизии;</li> <li>• двусторонняя задержка *сервер + приложение + сеть+;</li> <li>• искажения;</li> </ul> |
| обеспечение услуги (Y3):   | клиентское оборудование (Y4):   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• простота навигации при поиске музыки;</li> <li>• безопасность;</li> <li>• корректность условий контрактов;</li> <li>• ценовая политика, виды тарификации;</li> <li>• поддержка клиентов;</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• простота выбора и воспроизведения;</li> <li>• простота навигации и загрузки;</li> <li>• емкость запоминающего устройства;</li> <li>• качество воспроизведения;</li> <li>• эргономика устройств.</li> </ul>   |

Модель будет представлять функциональное отображение вида:

$$X=\{X1, X2.. X21\} \rightarrow Y=\{Y1, Y2.. Y4\} \rightarrow Z \in [1,5],$$

где  $X$  – вектор влияющих факторов.

Для формирования продуктивной системы нечеткого вывода применен алгоритм Мамдани. На этапе фазификации входных переменных на основе пользовательских оценок (размер выборки – 300 пользователей возрастной группы 15..75 лет) построены функции принадлежности для всех терм-множеств. В результате моделирования определено, что наибольшее влияние на степень удовлетворенности пользователей услугой влияют транспорт услуги и создание контента (рисунок 1).

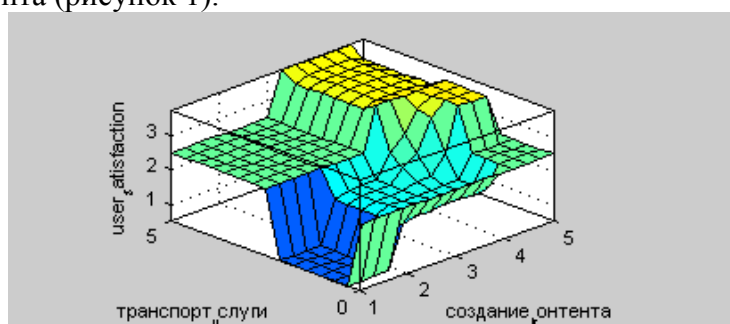


Рис.1 – Пример использования программы просмотра поверхности нечеткого вывода системы MATLAB при анализе результатов работы экспертной системы для переменных «транспорт услуги» и «создание контента».

Выполненное моделирование дало возможность ответить на вопрос, какие факторы максимально влияют на степень удовлетворенности пользователей услугой в данной группе пользователей, т.е. какие факторы требуют наиболее пристального внимания со стороны поставщика услуг. И таким образом заблаговременно получить представление об изменении степени удовлетворенности пользователя услугой в зависимости от изменения тех или иных критериев QoS и избежать негативной оценки пользователями качества обслуживания.

## Литература

1. “Международный союз электросвязи (ITU)”, официальное Интернет-представительство. – Режим доступа: <http://www.itu.int> (дата обращения 07.09.2014 г.).
2. Князева Н.А. Оценка качества услуг связи с позиций удовлетворенности потребителей /Н.А.Князева, А.С. Кальченко // Science and Education a New Dimension: Natural and Technical Science.- Budapest, 2013. – P. 156-161.

**СЕРВІС ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ У ФОРМАТІ СОЦІАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ**

**Вступ.** На школі-семінарі ТПР-2012 було представлено програмну систему [1] підтримки навчальних курсів з теорії прийняття рішень [2]. Розробка цієї системи здійснювалась з 2005р. під керівництвом авторів тез студентами 3-го курсу факультету кібернетики КНУ, спеціальність «інформатика», під час лабораторних занять. У 2012-2014рр. [3] було створено «промисловий» варіант системи та її веб-версію, що успішно була застосована на екзаменах у червні цього року. Наступним кроком стала розробка специфікованого онлайн сервісу для спілкування та інших типів взаємодії між викладачами та студентами в контексті навчання.

**Актуальність.** Більшість західних університетів мають свої власні внутрішні системи, що дозволяють проводити деякі або навіть більшість навчальних процесів через мережу Інтернет [4]. Це спрощує життя студентам і викладачам, зберігаючи їх час і надаючи можливість зосередитися саме на навчанні. Українські вузи не мають централізованого сервісу необхідного гатунку і, на думку авторів, його виникнення дуже необхідне для покращення якості та швидкості навчання.

**Соціальна мережа.** Основною частиною сервісу є соціальна мережа для студентів та викладачів. Реєстрація у мережі можлива лише за наявності студентського квитка або спеціального індивідуального коду викладача. Подібний підхід до реєстрації забезпечує неможливість комерційного використання мережі.

За тиждень до початку занять староста новосформованої групи отримує від адміністратора мережі доступ до редагування профіля групи та її складу. Староста власноруч заносить до соціальної мережі ПІБ та номер студентського квитка кожного студента його групи та заповнює розклад занять відповідно до офіційного розкладу. Назви предметів староста вибирає зі списку доступних для його курсу.

Сторінки предметів надають можливість викладачам залишати документи або відео записи, пов'язані з лекційними чи практичними завданнями, на огляд студентів певної групи або всіх відвідувачів сторінки. Студенти мають можливість задавати питання до певних лекцій чи документів, а також залишати коментарі та побажання до всього курсу загалом після його завершення.

**Безпека мережі.** Оскільки звичайна соціальна мережа, яких в Інтернет зараз доволі багато, є джерелом рекламних та іноді провокаційних інформаційних впливів, є потреба в ізолюванні навчальної соціальної мережі від анонімних та не авторизованих користувачів. Це можливо зробити через попередню реєстрацію користувача у системі адміністратором чи іншим довіреним користувачем за короткими даними – ПІБ та номер студентського квитка.

Авторизація на сайті здійснюється за допомогою логіну, що є номером студентського квитка та пароллю, обраного користувачем.

**Відео лекції.** Викладачі матимуть змогу записувати свої лекції та редагувати їх перед публікацією безпосередньо на сайті. Це надає можливість вести «прямі включення» для студентів що хворіють або не мають можливості бути присутніми з інших причин, а також приймати участь в процесі прослуховування лекції тими студентами, що живуть в іншому часовому поясі. Аналогами подібних сервісів зараз нікого не здивуєш, але в контексті допомоги при очному навчанні вони використовуються нечасто.

**Мобільні пристрої.** Для викладачів це змога відмічати присутніх натисканням однієї кнопки на екрані свого смартфона. При відповідних налаштуваннях географічна позиція пристрою може бути вирахована з точністю до декількох метрів, чого достатньо для визначення присутності студента на занятті.

Також у випадку затримок викладача, відміни пари, швидких контрольних робіт чи інших термінових подій викладач може надсилати повідомлення на групу студентів, яке вони

отримають на свій мобільний пристрій через дуже малий проміжок часу та будуть знати про зазначену подію навіть перебуваючи далеко від монітору комп'ютера.

**Тестуюча система.** Як частина мережі на сторінках предметів є окрема частина, що присвячена тестам з адаптивною оцінкою [5]. Викладачі можуть створювати ці тести та асоціювати їх з лекціями чи практичними завданнями так само, як і звичайні файли. Так само, студенти можуть їх коментувати або задавати питання. Тестуюча система звільняє викладача від необхідності перевіряти власноруч відповіді студентів.

**Мотиваційна система.** На сьогоднішній день питання мотивації школярів, студентів та співробітників компаній має велике значення. Безумовно є самотивовані індивіди, що бачать мету та рухаються до неї без сторонньої допомоги. Але, на жаль, кількість таких людей не дуже велика, через що так звана ігрофікація зазнає великого попиту.

У примітивній своїй формі – у вигляді оцінок та балів – вона завжди була присутня у процесі навчання. Але така система виключає індивідуальні заслуги кожного як такі, що просто не можуть бути враховані через розподіленість цих балів між фіксованою кількістю контрольних та самостійних робіт. Також вона доволі часто має лише епізодичний характер і не дає змоги студентові бачити свій постійний ріст чи його відсутність на фоні інших. Це призводить до того, що доволі часто лише напередодні екзамену студент розуміє «своє становище».

Система «ігрофікації» має на меті надати викладачам крім класичної системи балів ще інструмент, що дозволяє відмічати досягнення певних студентів за допомогою існуючих або власноруч створених унікальних графічних відміток. Прикладом може бути відмітка «Всі пари відвідано», що з дозволу викладача буде надана студенту, що не пропустив жодної пари.

Крім цього, система в автоматичному режимі буде нараховувати умовні бали, за відвідання лекцій, вчасність виконання лабораторних та домашніх робіт, отримання балів, активність (запитання викладачу, проведення додаткових заходів для групи) та інше. Таким чином, у кожного студента буде свій унікальний рівень залученості в навчальний процес та мережу, згідно з яким можна буде оцінити статус студента та його знань.

На думку авторів, для студентів бажання отримати унікальну нагороду буде доволі сильним мотиваційним джерелом.

**Висновок.** У доповіді розглянуто основний функціонал нового сервісу (подібного до соціальної мережі), що спрямований на інформатизацію, оптимізацію та мотивацію навчального процесу для студентів та викладачів. Сервіс у багатоетапному режимі поставляється для роботи на факультеті інформаційних технологій КНУ ім. Т. Шевченка в якості тестового майданчику. Згодом цей сервіс планується надавати іншим факультетам КНУ та іншим вишам.

## Література

1. Волошин А.Ф., Ковалев Д.И. Учебно-методическая тестирующе-оценивающая программная система поддержки учебных курсов по теории принятия решений // Праці Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень», Ужгород, 2012. – сс.
2. O.F.Voloshyn, D.I.Kovaliov. Educational system support to decision making theory // Computer Science And Information Technologies Conference, Yerevan, 2013. –pp.433-434.
3. Волошин О.Ф., Мащенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 336 с.
4. A.Freeman, M.MacDonald, M.Szpuszta, “Pro ASP.NET 4.5 in C#” [5th Ed.], Apress, 2013.
5. Снитюк В.Е., Юрченко К.М., Интеллектуальное управление оцениванием знаний. - Черкассы, 2013. – 204с.



<sup>1</sup>Кожуховская О.А., <sup>2</sup>Фефелов А.А., <sup>1</sup>Кожуховский А.Д., <sup>3</sup>Бидюк П.И.

<sup>1</sup> Черкасский государственный технологический университет, факультет  
электронных технологий  
18006 Украина, Черкассы, проспект Шевченко, ЧГТУ,  
E-mail: [andrejdk@mail.ru](mailto:andrejdk@mail.ru)

<sup>2</sup> Херсонский национальный технический университет, факультет кибернетики  
73008, Украина, Херсон, Бериславское шоссе 24,  
E-mail: [fao1976@mail.ru](mailto:fao1976@mail.ru)

<sup>3</sup> Институт прикладного системного анализа Национального технического  
университета Украины «КПИ», Украина  
E-mail: [pbidyuke@gmail.com](mailto:pbidyuke@gmail.com)

## КОНЦЕПЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Концепция программной системы опирается на блочно-модульную архитектуру с возможностью эффективной замены функциональных блоков без изменения общей конструкции. Следуя современным подходам в проектировании программного обеспечения, отдельные функциональные блоки объединены в подсистемы по сходным функциональным признакам (рис. 1).

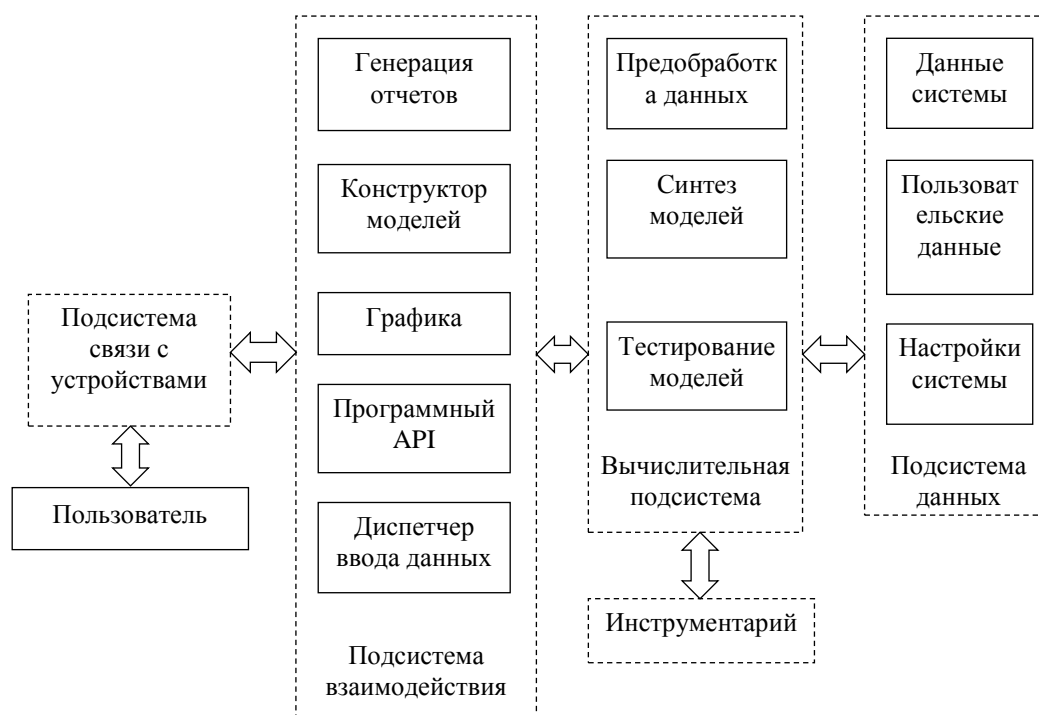


Рис. 1. Общая концептуальная модель информационной системы прогнозирования

Как и большинство современных приложений подобной направленности, разработанная программная система состоит из двух основных компонент: исполняемой и инструментальной. Среди основных функций исполняемой компоненты можно выделить следующие: хранение системных данных, данных пользователя и настроек; синтез прогнозирующих моделей временных рядов; тестирование моделей временных рядов в режиме реального времени и при помощи имитации; формирование отчетов о результатах тестирования моделей временных рядов; предварительная обработка информации для преобразования к виду, пригодному для

вычислений; ввод данных в систему с внешних носителей или при помощи сетевого взаимодействия; визуализация информации о текущем состоянии процессов в системе, а также визуализация входных и выходных данных; настройка параметров системы и ее отдельных модулей.

Инструментальная компонента представлена набором средств, позволяющих пользователю манипулировать вычислительными методами, при помощи которых можно получать различные комбинации или гибриды прогнозирующих моделей с потенциально улучшенными характеристиками. Инструменты различаются по своему функциональному назначению, их состав может быть дополнен за счет новых подключаемых модулей.

На основе предложенной концепции создано программное обеспечение, которое позволяет:

- строить прогнозирующие модели, способные адаптироваться в реальном масштабе времени при помощи обучения с подкреплением;
- использовать широкий спектр вычислительных методов для построения прогнозирующих моделей (искусственные иммунные системы, байесовские сети, нейронные сети, фильтр Калмана и т.д.);
- комбинировать различные вычислительные методы с целью получения гибридов, способных строить прогнозирующие модели с улучшенными характеристиками;
- отображать поступающую и результирующую информацию в графическом, текстовом виде, а также выводить информацию на печать;
- гибко настраивать параметры системы для конкретных условий эксплуатации и под конкретного пользователя.

## Литература

1. Кожуховская О.А. К выбору архитектуры СППР для прогнозирования нестационарных финансовых процессов / О.А. Кожуховская, А.А. Фефелов, П.И. Бидюк // Збірник праць міжнародної наукової конференції “Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту”.- Залізний Порт.- Травень 2014.- С.207-208.
2. Бидюк П.И. Системный подход к моделированию, прогнозированию и контролю финансово-экономическими процессами / П.И. Бидюк, Л.О. Коршевнюк, О.В. Половцев. — Донецк: Восточный издательский Дом., 2009. - 286 с.
3. Гупал А. М. Процедуры оптимального распознавания / А.М. Гупал, И.В. Сергиенко. – К.: Наукова думка, 2008.— 232 с.
4. Бидюк П.И. Методы прогнозирования / П.И. Бидюк, А.С. Меняйленко, О.В. Половцев. — Луганск: Альма Матер, 2008.- 608 с.
5. Корников В.В. Многокритериальное оценивание финансовых рисков в условиях неопределённости / В.В.Корников, И.А. Серёгин, Н.В. Хованов. – СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 2002 – 93 с.
6. Кулаков А.Е. Волатильность доходности и подход к построению системы контроля и управления рисками / А.Е.Кулаков // Банковское дело. -2004. - №6. - С. 35-38.
7. Кулаков А.Е. Волатильность доходности как интегральный показатель риска / А.Е.Кулаков // Финансы и кредит.- 2004. -№ 16(154). - С. 25-30.
8. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов / Г.Г. Канторович // Экономический журнал ВШЭ. - 2002.-Том 6.- №3. - С. 379-401.

**Козаченко Ю.В., Млавець Ю.Ю.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
[ykoz@ukr.net](mailto:ykoz@ukr.net), [yura-mlavec@ukr.net](mailto:yura-mlavec@ukr.net)

### ЕКСПОНЕНЦІАЛЬНІ ПРОСТОРИ ОРЛІЧА ТА ПРОСТОРИ $F_\psi(\Omega)$

Досліджується зв'язок просторів Орліча випадкових величин з просторами  $F_\psi(\Omega)$  та знаходяться умови за яких для просторів Орліча випадкових величин виконується умова **H**.

**Означення 1.** ([1])**1** Для простору Орліча  $L_U(\Omega)$  виконується умова **H**, якщо для будь-яких центрованих незалежних випадкових величин  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  із простору  $L_U(\Omega)$  справедлива наступна нерівність:

$$\left\| \sum_{k=1}^n \xi_k \right\|_U^2 \leq C_U \sum_{k=1}^n \|\xi_k\|_U^2,$$

де  $C_U$  – деяка абсолютна константа.

Розглянемо  $C$ -функцію Орліча

$$U(x) = \begin{cases} \left(\frac{e\alpha}{2}\right)^{2/\alpha} x^2, & \text{якщо } |x| \leq x_\alpha; \\ \exp\{|x|^\alpha\}, & \text{якщо } |x| > x_\alpha, \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_\alpha = \left(\frac{2}{\alpha}\right)^{1/\alpha}$ ,  $0 < \alpha < 1$ .  $L_U(\Omega)$  – простір Орліча, що породжений функцією  $U(x)$ .

**Теорема 1.** ([1])**2** Простори Орліча  $L_U(\Omega)$ , де функція  $U(x)$  задана як (1), містять ті ж самі елементи, що і простори  $F_\psi(\Omega)$ , де  $\psi(u) = u^{1/\alpha}$ ,  $\alpha > 0$ , причому норми в цих просторах – еквівалентні та мають місце нерівності:

$$\|\xi\|_U \leq C_{\psi U} \|\xi\|_\psi,$$

$$\|\xi\|_U \geq C_{U\psi} \|\xi\|_\psi,$$

де  $C_{\psi U} = e^{2/\alpha+2} \left(1 + \frac{e^{1/12}}{\sqrt{2\pi}}\right)^{1/\alpha} e^{1/\alpha}$ ,  $C_{U\psi} = \frac{1}{2^{1/\alpha}} (e^{2/\alpha} + 1)^{-1/\alpha} \alpha^{1/\alpha} e^{1/\alpha}$ .

**Теорема 2.** ([1])**3** Для простору Орліча  $L_U(\Omega)$ , де  $U(x)$  задана, як (1), справджується умова **H** із константою

$$C_U = 4 \cdot 9^{\frac{1}{\alpha}} \left(\frac{C_{\psi U}}{C_{U\psi}}\right)^2.$$

### Література

1. Млавець Ю.Ю. Зв'язок просторів Орліча випадкових величин з просторами  $F_\psi(\Omega)$  / Ю.Ю. Млавець // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Сер. матем. і інформ. – 2014. – Вип. 25, № 1. С. 77-84.

**О ПРОБЛЕМЕ УСТОЙЧИВОСТИ КОАЛИЦИИ В КООПЕРАТИВНЫХ ИГРАХ**

Рассмотрим классическую кооперативную игру дележа  $\{U, P_0\}$ . В которой  $U = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$  - множество игроков, а  $P(U)$  - кооперативный выигрыш. Будем полагать, что  $P(U) = x_1 + x_2 + \dots + x_n$ , где величина  $x_i$  - выигрыш игрока с номером  $i$ ,  $i \in N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  называется дележом кооперативной игры. Для каждого допустимого дележа выполнены следующие условия:

$$\begin{aligned} x_i &\geq 0, (i \in N); \\ \sum_{i \in N} x_i &= 1. \end{aligned}$$

Коалицию всех игроков  $U$  будем называть полной, а всякое собственное непустое подмножество  $V \subset U$ ,  $V \neq \emptyset$  - подкоалицией. Очевидно, что число всевозможных таких подкоалиций равно  $2^n - 2$ . Доход подкоалиции  $V$  в рамках кооперативной игры  $U$ , равен  $\sum_{A_i \in V} x_i$ , а доход той же подкоалиции, которая функционирует самостоятельно, будем обозначать  $P(V)$ . Условие устойчивости полной коалиции определяется следующими соотношениями [1-3]:

$$\begin{cases} P(U) = P_0 = x_1 + x_2 + \dots + x_n; \\ \sum_{A_i \in V} x_i \geq P(V); \\ P(U) \geq 0, \\ x_i \geq 0, \end{cases} \quad (1)$$

Множество дележей, для которых выполняется условие (1) называется ядром кооперативной игры.

Выбор дележа может осуществляться различными способами, например, путем пропорционального распределения дохода, равного дележа и другими. Однако априори определенное правило не всегда порождает дележ, принадлежащий ядру. Поэтому интересен вопрос, какой минимальный размер штрафа за выход из полной коалиции необходимо наложить на игроков, чтобы при заданном правиле распределения дохода выполнялось условие устойчивости (1).

Пусть размер штрафа для каждого игрока полной коалиции равен  $h$ . Таким образом, собственный доход любой подкоалиции будет равен  $P(V) - h \cdot |V|$ . Тогда условие устойчивости (1) примет следующий вид

$$\sum_{A_i \in V} x_i \geq P(V) - h \cdot |V|;$$

или

$$h \geq \frac{P(V) - \sum_{A_i \in V} x_i}{|V|};$$

и, следовательно,

$$h = \max_{V \neq \emptyset, V \subset U} \frac{P(V) - \sum_{A_i \in V} x_i}{|V|}. \quad (2)$$

**Пример.** Возьмем в качестве примера такое распределение дохода, при котором доход делится пропорционально с коэффициентами  $\alpha_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Из этого следует, что средний доход каждого  $i$ -го игрока равен  $\alpha_i \cdot P_0$ , причем  $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$ ,  $\alpha_i \geq 0$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Подставляя в (2), получим:

$$h = \max_{V \neq \emptyset, V \subset U} \left( \frac{P(V)}{|V|} - \frac{P_0}{|V|} \sum_{A_i \in V} \alpha_i \right).$$

Таким образом, задача отыскания минимального штрафа является задачей нелинейного программирования

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{V \neq \emptyset, V \subset U} \left( \frac{P(V)}{|V|} - \frac{P_0}{|V|} \sum_{A_i \in V} \alpha_i \right) \rightarrow \min; \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1; \\ \alpha_i \geq 0; \\ i = \overline{1, n}. \end{array} \right.$$

Аналогичным образом, рассматривая распределение дохода, при котором доход делится поровну между игроками, получим

$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{V \neq \emptyset, V \subset U} \left( \frac{P(V)}{|V|} - \frac{P_0}{n} \right) \rightarrow \min; \\ x_i \geq 0; \\ i = \overline{1, n}. \end{array} \right.$$

Эти задачи могут быть сведены к задачам линейного программирования.

### Литература

1. Мулен Э. Кооперативное принятие решений: Аксиомы и модели. – М.: Мир, 1991.
2. Meyerson R., Game Theory: Analysis of Conflict, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1991.
3. Saaty T. L. Fundamental of Decision Making, RWS Publications, Pittsburg, 1994.

**Козин И.В., Козина Г.Л.**

Запорожский национальный университет, Запорожье  
Запорожский национальный технический университет, Запорожье  
Украина, 69000, г. Запорожье, ул. Яценко ба, кв.55  
моб. 067-771-09-30, ainc@ukrpost.net

### **ЗАДАЧА ПЛОСКОГО ПРЯМОУГОЛЬНОГО РАСКРОЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ЗАГОТОВОК**

Рассматривается один из вариантов известной задачи прямоугольного раскроя [1]. Задача состоит в поиске карт раскроя для определенного числа прямоугольников на прямоугольных заготовках различных типов при выполнении ряда условий.

Пусть задан конечный набор из  $n$  невырожденных прямоугольников различных размеров и набор прямоугольных заготовок  $K$  различных типов. Тип заготовки определяется ее размерами. Предполагается, что число заготовок любого типа неограниченно.

Критерием качества раскроя является общая площадь использованных заготовок. Кроме того в задаче рассматриваются дополнительные критерии сумма длин конфигураций раскроя, компактность раскроя и некоторые другие. Задачи такого типа являются *NP*-трудными. Однако широкий спектр приложений делает оправданным поиски эвристических и метаэвристических методов отыскания решений подобных задач.

Для поиска приближенного оптимального решения задачи произведена декомпозиция задачи на две основных части:

1. задача плоского прямоугольного раскроя с неограниченным множеством заготовок различных типов;
2. задача оптимизации раскроя внутри каждой заготовки.

Учитывая высокую вычислительную сложность задачи раскроя, была использована гибридная игровая и эволюционно фрагментарная модель поиска оптимума [2].

Первый игрок предлагает последовательность типов заготовок, которая описывается целочисленным вектором  $(x_1, x_2, \dots, x_K)$ . Здесь  $K$  – максимально допустимое число заготовок,  $x_i$  – номер типа  $i$ -й по порядку заготовки. Второй игрок предлагает перестановку укладываемых прямоугольников -  $(s_1, s_2, \dots, s_n)$ . Прямоугольники последовательно размещаются на заготовке плотно без пересечений по правилу Top-Left. Задача игроков - добиться минимизации основного и дополнительных критериев в лексикографическом порядке. Кроме того за каждый прямоугольник, который не удалось разместить на заготовках, начисляется единичный штраф. Критерий минимизации общей суммы штрафов имеет высший приоритет.

Отыскание оптимального решения для двух игроков осуществляется с помощью эволюционной модели. Причем для первого игрока – это эволюционная модель на множестве целочисленных векторов в  $K$ -мерном целочисленном параллелепипеде, а для второго игрока – эволюционно-фрагментарная модель на перестановках из  $n$  элементов [2].

### **Литература**

1. Silvano Martello and Paolo Toth. Knapsack problems. — Chichester, UK: John Wiley and Sons, 1990. — P. 221. — ISBN 0471924202
2. Козин И.В., С. И. Полюга Эволюционная модель упаковки многомерных объектов, //Вісник Запорізького національного університету. Математичне моделювання і прикладна механіка. – 2010. – № 1. – С. 61-67.

## ГЕНЕТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЯК МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ ПОШУКУ НАЙКОРОТШИХ ШЛЯХІВ В КОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

Однією з найпоширеніших функціональних задач мережі є задача про знаходження найкоротшого шляху, який відповідає найменшому значенню певного функціонала за визначеним критерієм. Існує низка класичних алгоритмів розв'язання цієї задачі.

Для розв'язання задач маршрутизації використовуються класичні алгоритми, переважна кількість яких оперують лише одним параметром оптимізації – вагою шляху, що виражає сукупність його адитивних характеристик.[1]. Проте, зазвичай, існує декілька параметрів, які характеризують кожну гілку мережі. Таким чином, у сучасних мережах з'явилась необхідність розв'язання задачі про найкоротші шляхи з кількома критеріями оптимізації. Тому виникає актуальна необхідність формування нових підходів та алгоритмів розв'язання задач пошуку оптимальних шляхів з багатьма критеріями, одним із яких є метод генетичних алгоритмів.

Мережу представимо у вигляді зваженого орієнтованого графа  $D = (V, E)$ . Шлях у ньому – послідовність вершин графа, які належать обраному шляху  $\{v_i, \dots, v_j\}$ . Хромосома алгоритму, яка у подальшому буде представленням розв'язку – послідовність чисел, ідентифікаторів вершин графа. Перший та останній ген у хромосомі ( $v_i$  та  $v_j$ ) – початковий та кінцевий пункт маршруту, інші номери вершин.

Генетичний алгоритм – це евристичний алгоритм пошуку, використовується для вирішення завдань оптимізації та моделювання шляхом випадкового підбору, комбінування і варіації шуканих параметрів з застосуванням механізмів, що нагадують біологічну еволюцію, є різновидом еволюційних обчислень. Характерна особливість генетичного алгоритму – акцент на використанні оператора «схрещування», що виробляє операцію рекомбінації рішень-кандидатів, роль якої аналогічна ролі схрещування в живій природі

Генетичний алгоритм (ГА) є особливим видом стохастичного методу пошуку, в якому біологічна еволюція лежить в основі методики рішення задачі. Область пошуку для ГА називається популяцією, елементами якої є хромосоми. Алгоритм починається зі випадкової вибірки сукупності допустимих рішень з усієї популяції. Кожна хромосома при цьому вже є сама по собі рішенням. Якість рішення визначається ступенем пристосованості кожної хромосоми. ГА використовує методику адаптивного евристичного пошуку, яка вибирає сукупність найкращих рішень серед всієї популяції. Операції селекції, схрещування і мутацій дозволяють отримати нові особини - нащадків. Більш пристосовані хромосоми переходять в наступне покоління. Менш сильні особини мають менші шанси на це переміщення. Процес повторюється до моменту отримання найбільш пристосованого рішення задачі. Виходить, що середня пристосованість популяції зростає з кожною ітерацією, таким чином, більше число ітерацій дає кращий результат. Алгоритм складається з декількох кроків.

Маючи багато критеріїв оптимізації, пошук екстремуму функції будемо виконувати на частковій множині розв'язків (даній популяції). У подальшому, з процесом розвитку популяції і сам частковий розв'язок буде наближатись до кінцевого. Отже для найкращих хромосом значення відхилення від інших буде мінімальним, тоді перетворимо значення відхилення у значення пристосованості. Це значно спростить саму процедуру відбору тому що немає необхідності обраховувати функцію пристосованості в цілому.

Кінцем роботи алгоритму будемо вважати стан популяції, коли значення відхилення в популяції буде дуже мале.

### Література

1. Rakesh Kumar, Mahesh Kumar. Global Journal of Computer Science and Technology / Vol. 10 Issue 11 (Ver. 1.0) October 2010. - pp. 8 – 12.

**МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРОБКИ МОДУЛЯ ПІДТРИМКИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ПРАКТИКУМІВ З ПРОГРАМУВАННЯ НА БАЗІ АРХІТЕКТУРИ «ТОНКОГО» КЛІЄНТА**

Значне поширення WEB-технологій сприяє бурхливому розвитку різноманітних клієнт-серверних архітектур на базі «тонкого» клієнта. Пріоритети розвитку таких технологій визначаються відносною дешевизною інсталяції та обслуговування клієнтських програм. Досить успішно зарекомендувала себе ця технологія у випадках оперування серверною програмою великою кількістю рутинних (поточний стан яких незалежний від попередньо виконаних дій) клієнтських застосувань. Широко поширені нині WEB-застосування на базі PHP+MySQL, які у повній мірі реалізують клієнт-серверну архітектуру типову для тонкого клієнта [1].

Напрямок Інтернет-технологій є перспективним в першу чергу для галузі електронної освіти (ЕО), особливо для підготовки ІТ-спеціалістів, оскільки методи автоматизації учбових практикумів з програмування на сьогодні є нечисленими і у значній мірі обмеженими.

Згідно переходу до стандартів Web 2.0, індивідуальний робочий простір слухача довільного навчального курсу може бути охарактеризований як mash-up наступних веб-сервісів: електронних портфоліо або Webfolio; окремих модулів електронної системи управління навчанням Moodle (модуль завдань, модуль користувачів, модуль підтримки практикумів).

Враховуючи особливості вимог до проектування он-лайн робочих зон в рамках систем ЕО, варто зазначити, що властивості обох згаданих веб-сервісів стосуються означуваної системи лише частково. Так, *односторонність* та *відсутність взаємодії* «викладач-студент», якими характеризується поняття електронного портфоліо, вступає у протиріччя з основним принципом побудови колаборативних середовищ, частиною якого є індивідуальний робочий зошит з програмування.

Опишемо окремі поняття ЕП, які допомагають наблизитися до розуміння базових характеристик індивідуального он-лайн робочого зошита з програмування.

За визначенням портфоліо – це набір наукових або навчальних робіт, які зібрані у колекції з метою демонстрації навчального прогресу особи у часі для демонстрації її вмій та навичок. Портфоліо можуть належати до певної дисципліни, або дуже широко описувати історію набуття нових знань окремою особистістю протягом життя. Основною метою створення електронного, як і будь-якого іншого, портфоліо є одержання авторитетного відгуку на вкладені матеріали. Двома останніми ключовими пунктами є те, що ЕП візуально демонструють навчальний та дослідницький прогрес особи у часі, та те, що конструювання власного портфоліо є невід'ємною частиною навчального процесу.

У комп'ютерних технологіях *тонкий клієнт* – це комп'ютер-клієнт мережі з клієнт-серверною архітектурою, що переносить всі задачі по обробці інформації на сервер. Таким чином, для роботи тонкого клієнта необхідний термінальний сервер.

*Модуль* – це виділена за мотивом функціональності частина *первинного матеріалу* програмного коду. Окрім вихідних текстів програм, до первинних матеріалів належать: тексти вихідних даних; тексти вказівок про атрибути виділених частин програмних матеріалів (автор, задача, що вирішується, дата написання програми); тексти процедур, що застосовуються до програмних матеріалів.

Спроектований нами програмний продукт є модулем, згідно до його визначення, володіє чітко визначеною функціональністю і характеризується порівняно високим рівнем стійкості. Функціональної стійкості дозволяє досягти чітко структурована внутрішня організація платформи, на якій даний модуль був реалізований – e107 [2], а також компонент SMARTY, який дозволяє відділити представлення від реалізації.



Для спрощення аутентифікації та супроводу користувачів були сплановані та реалізовані базові ієрархії та ролі профілів: «лектор», «викладач» «студент». Файловий репозитарій студентських програмних практикумів та підтримка деревовидної структури каталогів проводилася на основі структуризації проектів. Віддалена компіляція C++ проектів застосовує GCC [3]. Оцінювання та робота з часом проводилася шляхом контролю над термінами здачі проектів і автоматизація сортування профілів студентів за часом реєстрації.

Деревовидна структура каталогів найкраще відображає структуру навчальних проектів і попереджує утворення безладу у файловій системі.

Реалізована за допомогою мови Веб-застосувань JavaScript, деревовидна структура каталогів дозволяє легко маніпулювати теками, приховуючи та демонструючи їх в залежності від повноважень поточного користувача системи.

В залежності від повноважень користувача, кожен файл може бути переглянутий у тестовому редакторі, відкомпільований та видалений.

Для генерування команд виконання компіляції на сервері була написана функція **CompilerCPP**:

```
function CompilerCPP($dir)
{
    $CompilerCPP = "";
    $dhandle = opendir($dir);
    if ($dhandle)
    {
        while (false !== ($fname = readdir($dhandle)))
        {
            if (is_file( "{$dir}/{$fname}" ))
            {
                $path_parts = pathinfo($fname);
                $ext = $path_parts['extension'];
                if (!strcasecmp($ext,'cpp'))
                    $CompilerCPP .= "{$dir}/{$fname} ";
            }
        }
        closedir($dhandle);
    }
    $CompilerCPP = 'g++ '.$CompilerCPP.' -o '.$dir.'/project.exe';
    return $CompilerCPP;
}
```

Команда G++ викликає компілятор для програм написаних на C++. При подальшій розробці проекту є можливість розробити універсальне середовище, що буде компілювати, злінковувати та генерувати виконавчі файли для таких мов як C, Objective-C, Java, Fortran і Ada, і тому можна буде в повній мірі реалізувати роботу з набагато більшою кількістю курсів з об'єктно-орієнтованого програмування.

Студентські практичні роботи з програмування, подібно до робіт із інших дисциплін, можуть бути переглянуті та оцінені користувачем із повноваженнями «Лектор», або «Викладач». За основу взята найпростіша система оцінювання якості виконання практичної роботи з програмування – компіляція проекту із подальшим його переглядом та виведенням оцінки, виходячи із якості виконаної роботи. Система оцінювання представлена у вигляді таблиці із стовпцями, що відповідають за номер лабораторної роботи і рядками, в які внесені прізвища слухачів курсу. Передбачена можливість викладачеві власноруч заповнювати відповідні позиції таблиці балами.

Окрім якості написання коду та відповідності результатів компіляції програмного проекту визначеному зразку, система управління навчальними практикумами надає

можливість узгоджувати час здачі окремих проектів із передбаченими для виконання кожного з них термінами. Проекти, що були здані із запізненням маркуються відповідно у списку зданих лабораторних робіт.

Невчасно здані проекти можуть бути відхилені викладачем. Також існує можливість реабілітації проектів минулих років на вимогу студента-автора з метою демонстрації, або аналізу результатів роботи програм.

Окрім модуля підтримки електронних практикумів з програмування у напрямку розширення функціональності міжнародного освітнього порталу JEP [4] в НАУКМА також розроблялися суміжні модулі підтримки електронних курсів та студентські електронні портфоліо. Дані модулі контекстуально пов'язані і доповнюють функціональність одне одного. Так, модулі підтримки електронних практикумів з програмування та електронних курсів поділяють доступ до спільної таблиці `lab_tabl`, що містить список лабораторних робіт, доступних для виконання у межах даного курсу. Такий вид зчеплення модулів називають зчепленням по спільній області пам'яті. Модуль, що реалізує студентські електронні портфоліо, пов'язаний із «Store Space» найбільш вдалим з точки зору компонентно-орієнтованого програмування видом зчеплення – параметричним зчепленням, оскільки модулі викликають методи одне одного і активно обмінюються параметрами.

### **Висновки**

Результатом досліджень стала система підтримки автоматизованих навчальних практикумів з ООП. Процес проектування та розробка цільової системи зроблено у рамках компонентно-орієнтованого програмування, оскільки об'єкт розробки являв собою спеціалізований функціональний модуль, приєднаний до порталу міжнародного освітнього проекту JEP (Joint European Projects) і певним чином інтегрований із суміжними модулями Efolio та системою підтримки навчальних курсів. Разом три зазначені модулі утворюють повнофункціональну систему підтримки електронного навчання, яку можна охарактеризувати наступним чином: контент (модуль підтримки навчальних курсів та лекційних матеріалів) + зворотній зв'язок(модуль підтримки автоматизованих практикумів) + історія навчання(модуль Efolio).

### **Література**

1. Програмні засоби створення і супроводу розподіленого навчального середовища / І.В. Сергієнко, М.М. Глибовець, С.С. Гороховський, А.М. Глибовець ; Національний університет "Києво-Могилянська академія". – Київ : [НаУКМА], – 2012. – 709, [1] с. : іл., табл. – Включ. бібліогр. – Включ. покажч. Педагогический энциклопедический словарь» під ред. Б. М. Бим-Бада
2. E107 – Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/E107> – Назва з екрану.
3. GCC, the GNU Compiler Collection – Режим доступу: <http://gcc.gnu.org/> – Назва з екрану.
4. <http://jep.ukma.kiev.ua/> – офіційний сайт міжнародного освітнього порталу JEP (Joint European Projects)

Коцовський В. М., Гече Ф. Е., Вашкеба М. М.  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

## ДВОПОРОГОВІ БУЛЕВІ ФУНКЦІЇ У БІПОЛЯРНОМУ БАЗИСІ

Одним з провідних напрямків досліджень у галузі штучного інтелекту є машинне навчання, синтез та моделювання штучних нейронних елементів (НЕ) та нейромереж, розроблення методів їх навчання, вдосконалення нейромережевих технологій обробки та аналізу даних, створення прикладних систем на основі нейронних мереж [1-2]. Актуальним є вирішення задачі розробки і дослідження моделей узагальнених штучних нейронних елементів, які мають більш високі функціональні можливості, ніж звичайні нейронні елементи, зокрема, двопорогових нейронних елементів (ДНЕ).

Нехай  $G = \{-1, 1\}$  — біполярний алфавіт,  $G_n$  —  $n$ -та декартова степінь  $G$ . Функцію вигляду

$$f: G_n \rightarrow G$$

будемо називати булевою функцією в алфавіті  $G$ .

ДНЕ зі структурою  $s = (\mathbf{w}; p_1; p_2)$  і міткою  $a$  ( $\mathbf{w} = (\omega_1, \dots, \omega_n) \in \mathbb{R}^n$  — ваговий вектор,  $p_1, p_2 \in \mathbb{R}$  — пороги,  $a \in G$ ,  $(\mathbf{w}, \mathbf{x})$  — скалярний добуток) реалізує булеву функцію  $f(x_1, \dots, x_n)$ , якщо

$$f(x_1, \dots, x_n) = \begin{cases} -a, & p_1 < (\mathbf{w}, \mathbf{x}) < p_2, \\ a, & \text{у протилежному випадку.} \end{cases}$$

ДНЕ зі структурою  $s$  і міткою  $a$  будемо скорочено позначати  $\text{ДНЕ}_{s, a}$ . Визначимо функціонал  $\varphi(s, \mathbf{x})$  таким чином

$$\varphi(s, \mathbf{x}) = ((\mathbf{w}, \mathbf{x}) - p_1) \cdot ((\mathbf{w}, \mathbf{x}) - p_2).$$

Структуру  $s$  назвемо допустимою, якщо для всіх векторів  $\mathbf{x}$  з множини  $G_n$  виконується умова  $\varphi(s, \mathbf{x}) \neq 0$ .

**Лема.** Булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на  $\text{ДНЕ}_{s, a}$  тоді і тільки тоді, коли для всіх наборів  $\mathbf{x}$  з множини  $G_n$  виконується умова

$$f(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) = a |\varphi(s, \mathbf{x})|.$$

Розглянемо відображення виду  $h: G_n \rightarrow \mathbb{R}$ . Аналогічно до [3] будемо використовувати такі позначення:

$$\langle h(\mathbf{x}) \rangle = \sum_{\mathbf{x} \in G_n} h(\mathbf{x}).$$

**Теорема 1.** Нехай  $f(\mathbf{x})$  — довільна булева функція,  $s$  — допустима структура. Тоді має місце нерівність

$$|\langle f(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) \rangle| \leq \langle |\varphi(s, \mathbf{x})| \rangle.$$

причому у випадку точної рівності функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на  $\text{ДНЕ}_{s, 1}$  або  $\text{ДНЕ}_{s, -1}$ .

**Теорема 2.** Булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на  $\text{ДНЕ}_{s, a}$  тоді і тільки тоді, коли

$$\langle f(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) \rangle = a \langle |\varphi(s, \mathbf{x})| \rangle.$$

**Наслідок 1.** Якщо булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на  $\text{ДНЕ}_{s, a}$ ,  $g(\mathbf{x})$  — довільна булева функція, то

$$|\langle g(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) \rangle| \leq \langle |\varphi(s, \mathbf{x})| \rangle,$$

причому рівність має місце тоді і тільки тоді, коли  $g(\mathbf{x}) = f(\mathbf{x})$  або  $g(\mathbf{x}) = -f(\mathbf{x})$ .

Задамо на множині  $G_n$  довільний лінійний порядок і будемо вважати, що елементи множини  $G_n$  занумеровані згідно цього порядку. Виходячи з довільної булевої функції  $f(\mathbf{x})$  визначимо булеві функції  $f_i(\mathbf{x})$ ,  $i = 1, 2, \dots, 2^n$  таким чином

$$f_i(\mathbf{x}_j) = \begin{cases} f(\mathbf{x}_j), & \text{при } j \neq i, \\ -f(\mathbf{x}_j), & \text{при } j = i. \end{cases}$$

**Теорема 3.** Нехай  $f(\mathbf{x})$  – довільна булева функція, булеві функції  $f_i(\mathbf{x})$  визначені згідно (8),  $s$  – допустима структура. Тоді якщо для всіх  $\mathbf{x} \in G_n$  виконується одна з умов

$$1) f_i(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) \leq f(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}), i = 1, 2, \dots, 2^n;$$

$$2) f(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}) \leq f_i(\mathbf{x}) \cdot \varphi(s, \mathbf{x}), i = 1, 2, \dots, 2^n;$$

то булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на ДНЕ $_{s,1}$  (ДНЕ $_{s,-1}$  відповідно).

Визначимо для булевої функції  $f(\mathbf{x})$  набір спектральних параметрів

$$b_{ij} = \langle x_i(\mathbf{x}) \cdot x_j(\mathbf{x}) f(\mathbf{x}) \rangle, \quad b_i = \langle x_i(\mathbf{x}) \cdot f(\mathbf{x}) \rangle, \quad b_0 = \langle f(\mathbf{x}) \rangle,$$

і визначимо функцію  $\Phi(s, f)$  так

$$\Phi(s, f) = \sum_{i,j=1}^n b_{ij} \omega_i \omega_j - (p_1 + p_2) \sum_{i=1}^n b_i \omega_i + p_1 p_2 b_0$$

**Теорема 4** [4]. Булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на ДНЕ $_{s,a}$  тоді і тільки тоді, коли

$$\Phi(s, f) = a \langle |\varphi(s, \mathbf{x})| \rangle.$$

**Наслідок 2.** Якщо булева функція  $f(\mathbf{x})$  реалізується на ДНЕ $_{s,a}$ ,  $g(\mathbf{x})$  – довільна булева функція, то

$$|\Phi(s, g)| \leq |\Phi(s, f)|,$$

причому рівність досягається тоді і тільки тоді, коли

$$g(\mathbf{x}) = f(\mathbf{x}) \text{ або } g(\mathbf{x}) = -f(\mathbf{x}).$$

**Наслідок 3 (Узагальнена теорема Чоу).** Якщо у булевих функцій  $g(\mathbf{x})$  і  $f(\mathbf{x})$  співпадають спектральні параметри, то вони одночасно реалізуються або не реалізуються на ДНЕ $_{s,a}$ .

### Література

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. Руденко О. Г., Бодянский Є. В. Штучні нейронні мережі. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. – 404 с.
3. Дертоузос М. Пороговая логика. – М.: Мир, 1967. – 342 с.
4. Гече Ф., Батюк А., Коцовський В. Властивості бульових функцій реалізованих на двоповерхових елементах // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології. – Львів, 2001. – № 438. – С. 22-25.

**Кравченко О. В., Плакасова Ж. М.**

Черкаський державний технологічний університет

[kravchenko\\_ov@ukr.net](mailto:kravchenko_ov@ukr.net) (18006, м. Черкаси. бул. Шевченка, 460, Кафедра Інформаційних технологій проектування Тел. +380679118333), [djanai\\_7@mail.ru](mailto:djanai_7@mail.ru) (Тел. 0634844574, 18006, м. Черкаси. бул. Шевченка, 460, Кафедра ПЗАС)

## ЗАДАЧІ І МЕТОДИ ПОБУДОВИ НАВЧАЮЧИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ (ІЕС) НА ОСНОВІ ЗАДАЧНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕТОДОЛОГІЇ (ЗОМ)

Бурхливий розвиток інформаційних технологій на базі сучасних обчислювальних засобів призводить до широкого використання інтелектуальних навчальних систем (ІНС) в області освіти. Мета таких систем полягає в підвищенні ефективності процесу навчання за рахунок реалізації гнучкого і адаптивного управління цим процесом на основі знань про предмет і методику навчання. ІНС володіє необхідними знаннями і моделлю об'єкту навчання. На кожному кроці навчання ця система може обирати або генерувати оптимальну для даного об'єкта учбову дію.

Важливими особливостями сучасних комп'ютерних технологій навчання є процеси індивідуалізації, інтелектуалізації і веб-серверної орієнтації традиційних систем навчання, програм і технологій. Це в значній мірі визначається практичним використанням методів і

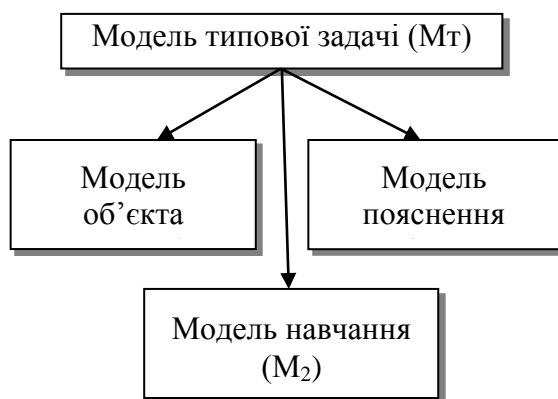


Рис.1 – Евристична модель типової задачі навчання

засобів штучного інтелекту, зокрема, експертних систем (ЕС) і інтегрованих експертних систем (ІЕС) при їх розробці. Тому з погляду концепції ЗОМ евристична модель типової задачі навчання  $M_T$  включає в себе побудову підмоделей (Рис.1): модель об'єкту навчання ( $M_1$ ), модель навчання ( $M_2$ ), модель пояснення ( $M_3$ ). Модель проблемної області, яку іноді відносять до моделі задачі навчання, розглядається в даному випадку виключно в рамках традиційної ЕС.

Модель об'єкта навчання ( $M_1$ ) враховує: облікову інформацію про об'єкт навчання (психологічний портрет особи); початковий рівень знань і вмінь; завершальний рівень знань та вмінь; алгоритми виявлення рівнів знань і вмінь; алгоритми психологічного тестування. Для формування моделі об'єкта навчання  $M_1$  використовується модель еталону  $M_e$ , яка відповідає рівню знань викладача з конкретного розділу курсу, що вивчається. З цією еталонною моделлю будуть порівнюватися отримані на етапі побудови  $M_1$  результати. Для формування психологічного портрета особи перед етапом формування поточної моделі об'єкта навчання викладачу пропонується скомпонувати набір тестів для виявлення необхідних в даному випадку особових характеристик. Розширення діапазону особових характеристик психологічного портрета особи і використання їх в алгоритмах побудови моделі об'єкта навчання і моделі навчання дозволяє більш повно враховувати індивідуальні особливості студента і формувати ефективніші стратегії навчання студентів освітніх установ.

У загальному випадку, модель навчання ( $M_2$ ) містить знання про планування і організацію (проектування) процесу навчання, загальні і приватні методики навчання, тому запропонована модель  $M_2$  включає наступні компоненти: сукупність моделей  $M_1$ ; сукупність

стратегій навчання і навчальних дій; функцію вибору стратегій навчання або генерації стратегій навчання залежно від вхідної моделі  $M_1$  (для адаптивної моделі  $M_2$ ).

Модель пояснення ( $M_3$ ). розроблялася виходячи з того, що існуючі способи реалізації методів пояснення в традиційних ЕС не в повній мірі задовольняють цілям навчання, зокрема, моделям  $M_1$  і  $M_2$ , тому поточна версія моделі  $M_3$ , орієнтована на продукційні моделі представлення знань, включає наступні компоненти: ланцюг пояснення; детальність пояснення; алгоритм, що адаптує процедури логічного виводу до запитів об'єкту навчання.



Рис. 2 Модель системи оцінки відповідей користувача в складі інтелектуального навчаючого комплексу

Таким чином, моделі  $M_1$ ,  $M_2$  і  $M_3$  в сукупності з моделлю предметної області повністю описують типову задачу навчання за допомогою спеціальних процедур і функцій, а також вказують на наявність певних взаємозв'язків.

## Література

1. Weiss, D. J. (In press). Computerized adaptive testing for effective and efficient measurement in counseling and education. Measurement and Evaluation in Counseling and Development, Special Issue on Technology in Testing. [Електронний ресурс]/. – \www/URL: [http://psychology.wikia.com/wiki/Adaptive\\_testing](http://psychology.wikia.com/wiki/Adaptive_testing) – 2004г. – Загол. з екрану
2. Малкина О. И., Сошников Д. В. Создание интерактивных систем адаптивного тестирования в среде Интернет с использованием технологий искусственного интеллекта [Електронний ресурс] / Московский Авиационный Институт, г. Москва, Россия. — Режим доступа: \www/ URL: [http://www.soshnikov.com/publications/olga\\_thesis.pdf](http://www.soshnikov.com/publications/olga_thesis.pdf). – Загол. з екрану
3. Рыбина Г.В. "Обучающие интегриро-ванные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы" [Електронний ресурс].—2008.—Режим доступа: \www/URL:<http://www.raai.org/news/pii/ies.doc>. – Загл. с экрана.

<sup>1,2</sup>Крак Ю.В., <sup>1</sup>Кривонос Ю.Г., <sup>1</sup>Отрощенко О.П., <sup>1</sup>Тернов А.С.

<sup>1</sup>Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

<sup>1,2</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка

[krak@unicyb.kiev.ua](mailto:krak@unicyb.kiev.ua), м.Київ, пр. Глушкова, 40, тел. 0445264118

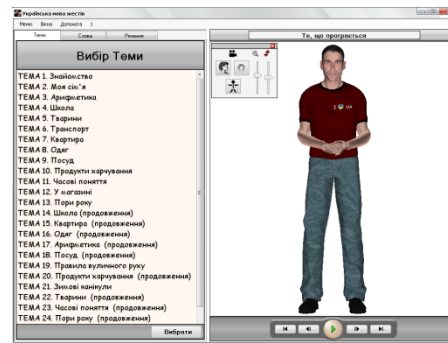
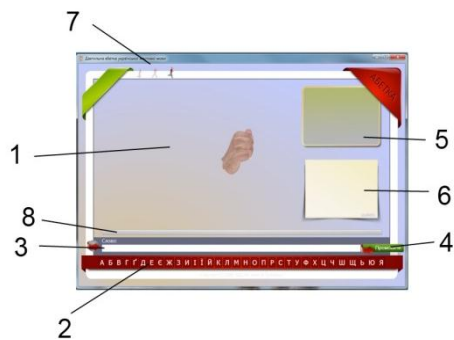
## ДО РОЗРОБКИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИВЧЕННЯ ЖЕСТОВИХ МОВ КОМУНІКАЦІЇ

Символьна (текст), голосова (мова) і жестова (рух) інформація складають три фундаментальні форми людського спілкування [1,2], причому для глухих людей жестова мова є основною формою передачі інформації [3-5]. Досягнення сучасної науки, комп'ютеризація суспільства, використання мультимедійних та Інтернет-технологій, створили необхідні та достатні умови для розробки інформаційних систем, які можуть використовуватися для навчання та вивчення комунікації з глухими людьми в формах і образах, близьких і зрозумілих для них та оточуючих їх людей [6]. У доповіді наводяться результати з розробки уніфікованих комп'ютерних засобів для моделювання жестових мов суть яких полягає у відтворенні процесів жестової комунікації на базі побудови просторових моделей людей-носіїв (сурдоперекладачів) жестової інформації. Основними вимогами до реалізації процесу анімації жестів за допомогою просторових моделей є: 1) має бути досить якісна реалістичність і, відповідно, велика розмірність цих моделей (особливо обличчя - в силу необхідності відтворювати емоційні і артикуляційні складові жестової мови); 2) повинна бути можливість реалізації зміни поверхонь моделі для генерації всіх можливих рухів; 3) програмне забезпечення, що реалізує запропоновану технологію має працювати на звичайних комп'ютерах із стандартними мультимедійними вимогами до апаратної частини; 4) має бути запропонована прийнятна технологія для формування та передачі жестової інформації в мережі Інтернет.

Для відтворення процесу анімації запропонована технологія розрахунку поточного стану моделі з урахуванням того що: 1) сучасні комп'ютери комплектуються багатоядерними процесорами які дозволяють распараллелювання обчислювальних процесів і 2) математична і інформаційна моделі як процесу збереження жесту так і самої просторової моделі побудовані таким чином, що наступний стан не залежить від попереднього.

Запропоновано технологію передачі інтерактивної медіаінформації на комп'ютер клієнта через Інтернет. Для цього розроблена програмна реалізація у вигляді Web-додатку з наступною функціональністю: 1) серверна частина додатку містить базовий метод створення зображення в пам'яті; 2) реалізовані методи динамічного зміни цього зображення (формату, оконтурювання зображення тощо); 3) реалізована можливість динамічного виводу цього зображення у стандартний елемент керування HTML-сторінки; 4) підтримується протокол обміну між HTML-сторінкою і серверної частиною для управління процесом відтворення зображення.

На рис.1.а) приведено головне вікно системи вивчення дактильної абетки (дактилем) жестової мови, де цифрами позначені: 1 - область демонстрації дактилем; 2 - набір дактилем; 3 - панель вводу слів для показу за допомогою дактилем; 4 - управління процесом показу слів; 5 - панель з малюнком, який відповідає поточній дактилемі; 6 - панель зі словесним описом конфігурації руки, яка відповідає поточній дактилемі, 7 - режими регулювання швидкості показу дактилем; 8 - панель індикації динаміки відтворення окремих дактилем або слова. В системі створений набір тестів і реалізована можливість перевірки та оцінки рівня вивчення дактилем користувачем. Реалізація запропонованої технології для української дактильної мови показала ефективність і перспективність такого підходу. Здійснюється реалізація даної технології для російської, азербайджанської, америкаської, німецької, польської та казахської дактильних мов.



а)

б)

Рис. 1. Програмні системи вивчення жестових мов

Для вивчення жестів була запропонована і розроблена технологія відображення рухів на моделях людини (аватарах). Для перенесення рухів людини-носія жестової інформації на модель використовувалась технологія захвату рухів MoCap [7].

Для реалізації жестової мови був створений програмний комплекс (рис.1. Б)), який відтворює методику викладання жестової мови у спеціальних загальноосвітніх школах для глухих дітей.

За основу була взята рекомендована міністерством освіти України програма навчання для початкових класів. Функціонально програма складається з трьох інформаційних блоків («Теми», «Слова» і «Пропозиції») і блоку відтворення жесту віртуальною моделлю. Основним блоком є блок «Теми», в якому сконцентровані основні методичні відомості, що розглядаються на уроці: які знання потрібно в цій темі сформувати в учнів; які навички потрібно засвоїти; які особливості морфології жестової мови та види синтаксичних конструкцій містить матеріал. В блоках «Слова» і «Пропозиції» міститься всі жести і всі приклади пропозицій (які використовують розглянуті жести).

Блок відтворення жесту віртуальною моделлю в цій реалізації дозволяє демонструвати в навчальному процесі динаміку жесту. Беручи до уваги, що жести оцифровуються носіями жестової мови, вони, по суті, стають стандартами показу даного жесту. Реалізована у блоці можливість покадрового показу жесту служить засобом, за допомогою якого стане можливим вивчення жесту без особливостей показу конкретним викладачем. Це стане основою того, що вивчені дітьми жести будуть однаковими для різних шкіл, регіонів. Фактично, українська жестова мова [5,6] (в основному своєму безлічі) стане стандартним в Україні. Оскільки створене програмне забезпечення є уніфікованим, то це дозволяє моделювати та інші жестові мови. В даний час здійснюється реалізація для польської і казахської жестових мов.

## Література

1. Argyle M., Salter V., Nicolson H., Williams M., Burgess P. The Communication of Inferior and Superior Attitudes by Verbal and Non-verbal Signals // British Journal of Social and Clinical Psychology. – 1970. – Vol.9(3). – P. 222-231.
2. Sing Languages. Ed. by D. Brentari. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2010. – 714 p.
3. Кульбіда С.В. Українська жестова мова як природна знакова система // Педагогічна думка. – 2009. – С. 219-239.
4. Димскис Л.С. Изучаем жестовый язык. – М.:Академия, 2002. – 128 с.
5. Український жестівник для батьків // С. В. Кульбіда, І. І. Чепчина, Н. Б. Адамюк, Н. В. Іванюшева. – К.: СПКТБ УТОГ, 2011. – 380 с.
6. Ю.Г.Кривонос, Ю.В. Крак, А.С. Тернов, М.П. Лісняк. Розробка архітектури програмного забезпечення для інтерактивного навчання жестовій мові // Проблеми програмування – 2014. – №2-3 – С.295-302.
7. Lander J. Working with Motion Capture File Formats. Game Developer. Miller Freeman Inc. USA., 1998. – P. 30-37.



### ЕКСПЕРТНІ МЕТОДИ ОБҐРУНТУВАННЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

У сучасних складних умовах динамічних змін зовнішнього середовища питання ефективності методів управління набуває важливого значення. Істотним фактором підвищення наукового рівня управління є застосування математичних методів і моделей при підготовці рішень. Проте з точки зору моделювання більшість соціально-економічних явищ і процесів цілком або частково не піддаються формалізації, тобто для них неможливо чи дуже важко розробити адекватну математичну модель. Тому для прийняття обґрунтованих рішень в будь-якій галузі діяльності, зокрема і в економіці, потрібно використовувати знання, досвід, а подеколи - інтуїцію фахівців. Науково обґрунтовані експертні висновки дають змогу суттєво знизити ризик прийняття неефективних управлінських рішень.

До експертних методів відносять комплекс логічних і математичних процедур, з реалізацією яких прагнуть досягти таких цілей [3]:

1) отримати від висококваліфікованих фахівців (експертів) інформацію про об'єкт дослідження в найбільш можливому обсязі;

2) проаналізувати інформацію, використовуючи певні математичні методи її обробки з метою розроблення рекомендацій для прийняття управлінських рішень щодо об'єкта дослідження.

Причини залучення експертів до оцінок об'єктів або процесів обумовлені багатьма чинниками [4]:

- відсутністю відповідних вимірювальних приладів;
- складністю досліджуваних явищ;
- неможливістю точного прогнозування наслідків прийнятого рішення;
- відсутністю чи неповністю статистичної інформації, на основі якої приймається рішення;
- наявністю факторів, які не піддаються контролю зі сторони особи, що приймає рішення;
- наявністю декількох варіантів вирішення проблеми та необхідність вибору одного з них;
- неповторністю та неможливістю експериментальної перевірки прогнозованого перебігу подій і результатів процесів вирішення проблеми.

Практичне застосування методу експертних оцінок складається з етапів, які подані у табл. 1.

Таблиця 1

Етапи застосування методу експертних оцінок

| № | Етапи  | Зміст етапу   |
|---|--|---|
| 1 | 2  | 3   |
| 1 | Виявлення необхідності проведення експертної оцінки        | Визначення неможливості або економічній недоцільності використання формалізованих математичних методів  |
| 2 | Складання плану і програми експертизи                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– формулювання мети та завдань експертної оцінки;</li> <li>– розробка анкети (опитувального листа);</li> <li>– вибір способу оцінки компетентності експертів;</li> <li>– формування правил проведення опитування експертів (вибір методу експертних оцінок);</li> <li>– формування правил та методів обробки думок експертів.</li> </ul> |
| 3 | Формування групи експертів та проведення експертної оцінки | Визначення галузей наукових, технічних і адміністративних інтересів, які впливають на вирішення певної проблеми. Складання списку осіб, які є компетентними в цих галузях, враховуючи компетентність спеціаліста в галузі його безпосередньої діяльності, аналітичність і широту мислення, прагматизм, вміння   |

| 1 | 2   | 3   |
|---|---|---|
|   |   | брати участь в дискусії, самокритичність, ерудованість в суміжних галузях.  |
| 4 | Групування матеріалів експертизи                | – групування, агрегування ознак;<br>– проведення ранжування;<br>– визначення компетентності кожного експерта.   |
| 5 | Розрахунок статистичних показників              | – визначення відносних величин;<br>– розрахунок групових оцінок із врахуванням компетентності експертів;<br>– дослідження взаємозалежності поміж висновками експертів;<br>– обчислення коефіцієнта детермінації (відображає частку впливу певного фактора при дії декількох на результат).  |
| 6 | Визначення ступеня узгодженості думок експертів | – визначення коефіцієнта варіації (відображає однорідність сукупності);<br>– розрахунок показника асиметрії (характеризує асиметрію розподілу випадкової величини);<br>– визначення коефіцієнта осциляції (відображає відносне коливання значень);<br>– розрахунок коефіцієнта конкордації (відображає узгодженість думок за декількома об'єктами, що впливають на кінцевий результат). |
| 7 | Впровадження у практику зроблених висновків     | Вибір найважливіших напрямів розвитку, найкращих варіантів рішення складних науково-технічних і соціально-економічних завдань в умовах, коли немає інформації про рішення аналогічних проблем у минулому  |

Складено на основі [1, 4]

Перевага експертних методів полягає у швидкості отримання інформації про досліджуваний об'єкт для обґрунтування управлінських рішень при неможливості виміряти параметри та характеристики об'єкта кількісними методами. Висококваліфікований спеціаліст може дати найбільш точний прогноз розвитку досліджуваного процесу. Також експерт є фахівцем, який глибоко розуміє зміст і особливості «вузьких місць» та стан досліджуваної проблеми [2].

Отже, застосування підходів на основі експертних оцінок виявляється не лише ефективним інструментом для одержання якісної інформації, але і необхідністю для розробки прийнятної системної методології для практичних задач прийняття рішень в умовах невизначеностей, особливо у стратегічних і надзвичайно важливих галузях.

### Література

1. Бідюк П.І., Гожий О.П., Коршевнік Л.О. Комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [lib.chdu.edu.ua/pdf/posibnuku/313/11.pdf](http://lib.chdu.edu.ua/pdf/posibnuku/313/11.pdf).
2. Волот О.І. Експертні методи оцінок та їх використання в управлінні економічними об'єктами [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/13\\_EISN\\_2012/Economics/10\\_109835.doc.htm](http://www.rusnauka.com/13_EISN_2012/Economics/10_109835.doc.htm).
3. Горюк І. Експертні методи прийняття управлінських рішень [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://conf-cv.at.ua/forum/81-776-1>.
4. Рудень В.В., Гутор Т.Г. Методика проведення та оцінки результатів експертних оцінок (на прикладі впровадження системи моніторингу здоров'я населення на рівні первинної медико-санітарної допомоги) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.umj.com.ua/article/9571/metodika-provedennya-ta-ocinki-rezultativ-ekspertnix-ocinok-na-prikladi-vprovadzhennya-sistemi-monitoringu-zdorov-ya-naseleennya-na-rivni-pervinnoi-mediko-sanitarnoi-dopomogi>.

**АНАЛІЗ МЕЗОЕКОНОМІЧНОЇ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЦТВА  
В УМОВАХ СКОРОЧЕННЯ ЕМІСІЙ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ**

В умовах глобалізації світової економіки і світових економічних зв'язків на перший план виступає пріоритет забезпечення повноцінного майбутнього світового суспільства. В контексті цього значно зростає врахування екологічного фактору в макроекономіці і особливим чином постає специфічна проблема ролі, місця та організації екологічної складової. Відповідно особливої актуальності набуває розробка нового концептуального підходу до екологічного ресурсу як сучасної економічної категорії, врахування якої необхідно буде зводити до розробки нової концепції екологічної економіки, світових економічних зв'язків, пошуку оптимальних шляхів міждержавної співпраці в питаннях охорони довкілля, ресурсозбереження та маловідходних технологій.

Першою міждержавною угодою спрямованою на захист довкілля з використанням економічних важелів став Кіотський протокол до рамкової конвенції ООН про зміну клімату [1], підписаний 1997 року 84 державами і який встановлює порядок скорочення викидів в атмосферу парникових газів, в першу чергу, діоксиду вуглецю.

Особлива роль у розв'язанні принципів проблем природокористування – обґрунтування величини витрат на охорону довкілля з врахуванням соціально-економічного ефекту та розподілу їх у територіально-галузевому розрізі – належить балансовим еколого-економічним моделям типу “витрати-випуск” [2], а також регіональним та галузевим моделям.

У зв'язку з цим запропоновано враховувати витрати на виконання емісійних обмежень парникових газів у структурі галузей основного виробництва у вигляді [3]:

$$\begin{cases} x_1 = A_{11}x_1 + A_{12}x_2 + Cy_2 + y_1, \\ x_2 = A_{21}x_1 + A_{22}x_2 - y_2, \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_1 = (x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1)^T$  – вектор-стовпчик об'ємів виробництва продукції;

$x_2 = (x_1^2, x_2^2, \dots, x_m^2)^T$  – вектор-стовпчик об'ємів знищених забруднюючих речовин;

$y_1 = (y_1^1, y_2^1, \dots, y_n^1)^T$  – вектор-стовпчик об'ємів кінцевої продукції;

$y_2 = (y_1^2, y_2^2, \dots, y_m^2)^T$  – вектор-стовпчик об'ємів незнищених забруднень;

$A_{11} = (a_{ij}^{11})_1^n$  – квадратна матриця коефіцієнтів прямих витрат продукції  $i$  на виробництво одиниці продукції  $j$ ;

$A_{12} = (a_{ig}^{12})_{i,g=1}^{n,m}$  – прямокутна матриця витрат продукції  $i$  на одиницю знищення забруднювачів  $g$ ;

$A_{21} = (a_{kj}^{21})_{k,j=1}^{m,n}$  – прямокутна матриця випуску забруднювачів  $k$  на одиницю виготовленої продукції  $j$ ;

$A_{22} = (a_{kg}^{22})_1^m$  – квадратна матриця випуску забруднювачів  $k$  на одиницю знищення забруднювачів  $g$ .

$Cy_2$  – витрати, пов'язані з викидами парникових газів (тобто витрати на обслуговування викидів парникових газів, зокрема, це плата за дозволи на викиди);

$C = (c_{ig}^{12})_{i,g=1}^{n,m}$  – прямокутна матриця витрат продукції  $i$  на одиницю викидів забруднювача  $g$ .

Перше рівняння запропонованої моделі відображає економічний баланс – розподіл галузевого валового випуску продукції на виробниче споживання основного та допоміжного виробництв, кінцеве споживання основного виробництва та витрати, пов'язані з виконанням зобов'язань за Кіотським протоколом. Друге рівняння відображає фізичний баланс парникових газів, як суму емісій, спричинених діяльністю основного та допоміжного виробництв, та їх незнищених обсягів.

Економічний зміст змінних моделі (1) вимагає розгляду їх невід'ємних значень. Останнє тісно пов'язано з питанням продуктивності балансових моделей, що дозволяє вести мову про реальне функціонування виробничої системи, здатної забезпечити проміжне споживання, додатні обсяги кінцевого продукту та виконання встановлених обмежень з викидів парникових газів.

Поряд з цим актуальною є задача визначення як зміняться вектори валового випуску та об'ємів утилізації парникових газів, якщо змінити коефіцієнти технологічних матриць, зокрема при посиленні екологічних стандартів та необхідності збільшення витрат на виконання зобов'язань за КП. Наприклад, якщо припустити, що зміни зазнають елементи однієї або кількох технологічних матриць  $A_{11}$ ,  $A_{12}$ ,  $A_{21}$ ,  $A_{22}$ ,  $C$ . Останнє дозволяє проводити ефективний аналіз зміни еколого-економічної структури функціонування економіки на мезорівні. Математичним апаратом при цьому запропоновано для використання метод псевдобазисних матриць [4] як потужний інструментарій дослідження матричних лінійних структур.

### Література

1. Киотский протокол к Конвенции об изменении климата / Секретариат Конвенции об изменении климата. – Бонн, 2000. – 33 с.
2. Ляшенко І.М. Економіко-математичні методи та моделі сталого розвитку / І.М. Ляшенко. – К.: Вища школа, 1999. – 236 с.
3. Онищенко А. М. Методологія математичного моделювання економіко-екологічної взаємодії в умовах реалізації Кіотського протоколу / І.М. Ляшенко, А. М. Онищенко // Економічна кібернетика. – 2011. – №4-6(70-72) – С. 17-26.
4. Кудин В.И., Ляшко С.И., Хритonenко Н.В., Яценко Ю.П. Анализ свойств линейной системы методом псевдобазисных матриц // Кибернетика и системный анализ. — 2007. — N 4. — С. 119–127.

## ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ ГРУП ДЛЯ АДАПТИВНОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Цифрові зображення часто піддаються впливу шумів під час їх реєстрації або передачі і тому завдання фільтрації як і раніше не втрачає своєї актуальності. Її рішення ускладнюється необхідністю пригнічення шумових складових без згладжування контурів, текстур і малих деталей. Для здійснення такої обробки запропоновано велику кількість методів, включаючи і адаптивні, які розрізняються за швидкістю, ступенем згладжування шуму та іншими показниками. Переважна більшість таких методів побудована на обов'язковій наявності «чистого» сигналу для навчання, що в практиці обробки зображень зустрічається нечасто. Крім того, зображення розрізняються за кольорними, структурними, частотними властивостями, тому застосовність фільтрів, навчених на різномірних зображеннях, істотно обмежується. В таких умовах ефективним представляється підхід з використанням концепції так званих нечітких рівних груп (fuzzy peer group) [1].

Зображення  $F$  оброблюється ковзним вікном  $W$ , пікселі якого утворюють сукупність  $F_{(i)}, i=1, 2, \dots, n^2$  ( $n \times n$  – розмір вікна),  $F_0$  – центральний піксель. На цій сукупності можна задати нечітку множину  $C^{F_0}(F_{(i)})$ , елементи якої  $F_{(i)}$  східні з  $F_0$ , а ступінь подібності  $\rho(F_0, F_{(i)})$  визначається значенням функції приналежності  $\mu(C^{F_0} F_{(i)})$ . Нечіткою мірою подібності є монотонно спадна функція від  $\{F_{(0)}, F_{(1)}, \dots, F_{(n^2-1)}\}$ . Якщо значення функції приналежності обмежити деяким значенням, то в межах вікна утворюється нечітка група рівних пікселів, східних в деякому сенсі з центральним. Для цієї групи виконується нечітке усереднення фільтром, коефіцієнти якого можна настроювати. Вибір функції приналежності істотно впливає на якість фільтрації. Зокрема, ширина цієї функції визначає розміри групи рівних, а від крутизни залежить, як фільтр буде згладжувати контури і текстури. Відомі випадки застосування для цієї мети квадратичної, гаусової, поліноміальних функцій [1, 2], однак всі вони мають занадто багато настроюваних параметрів, що робить такі фільтри громіздкими в обчислювальному плані.

У даній роботі пропонується як нечітку міру схожості використовувати функцію

$$\mu(C^{F_0} F_{(j)}) = \frac{\|F_{(j)} - F_0\|^{-2}}{\sum_{i=1}^{n^2-1} \|F_{(i)} - F_0\|^{-2}}, \quad (1)$$

де  $F_{(j)}$  – поточний піксель вікна,  $F_{(i)}$  – множина всіх пікселів вікна,  $i=1, 2, \dots, n^2; j=1, 2, \dots, n^2$ .

Перевагою такої функції є те, що її форма залежить від статистичних характеристик сукупності пікселів конкретної групи рівних, що дозволяє уникнути процедури адаптивного настроювання фільтра за сигналом для навчання. Схема дії фільтра показана на рис.1.

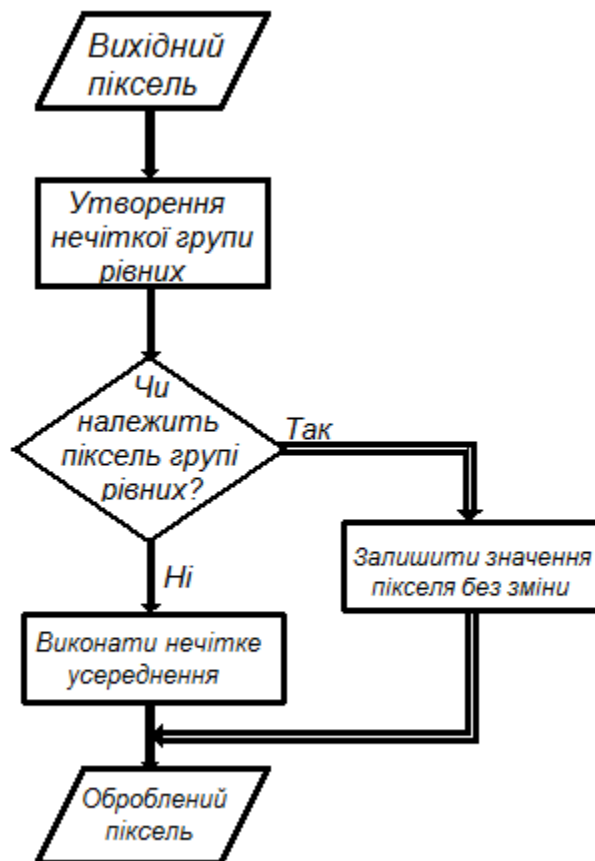


Рисунок 1. Схема адаптивного фільтра з нечіткими групами

Ефективність запропонованого фільтра досліджена в порівнянні зі стандартними усереднювальним і медіанним фільтрами для імпульсного і гауссового шумів різної інтенсивності, накладених на кольорові зображення. Вікно фільтра мало розмірність  $5 \times 5$  пікселів. Якість фільтрації оцінено на основі значень середньоквадратичної похибки і візуально. Найбільш ефективним виявилось застосування фільтра для імпульсного шуму з дисперсією 0,4: помилка для усереднювального фільтра склала 0,0011, для медіанного - 0,9660, для фільтра з нечіткими рівними групами - 0,0040. Для гауссового шуму з дисперсією 0,4 помилка для усереднювального фільтра склала 0,0021, для медіанного - 0,9652, для фільтра з нечіткими рівними групами - 0,0022. Для шумів з меншими дисперсіями показник похибки запропонованого фільтра вище показників стандартних фільтрів, проте візуально якість фільтрації краща, ніж у стандартних.

Таким чином, запропонований фільтр на основі нечітких рівних груп досить ефективно дозволяє пригнічувати шум, характерний для більшості зображень, отриманих за допомогою цифрових фотоапаратів.

### Література

1. Morillas S. Fuzzy peer groups for reducing mixed gaussian-impulse noise from color images/ S. Morillas, V. Gregori, A. Hervas/ IEEE Trans. on Image Processing. – V. 18, No. 7, 2009. – P.1452 – 1466.
2. Barner K.E. Polynomial weighted median filtering/ K.E.Barner, T.C. Aysal/ IEEE Trans. on Signal Processing. – V. 54, No. 2, 2006. – P.636 – 650.

### НЕЧІТКІ УЗАГАЛЬНЕННЯ МОДЕЛЕЙ РОЗПОДІЛУ ВИТРАТ

Проблеми розподілу ресурсів виникають практично у будь-якій сфері життєдіяльності людини: в економічній (оподаткування, відновлення платоспроможності боржника), екологічній (квоти на викиди парникових газів), освітній (розподіл місць державного замовлення між вишами) та ін. В певному сенсі, всі інші задачі є «підзадачами», що постачають вхідні дані задачам розподілу в різних постановках.

Задача розподілу [1] визначається трійкою  $(N, c, b)$ , де  $N$  – скінченна множина агентів, невід’ємне дійсне число  $c$  визначає кількість ресурсів, яку необхідно розподілити, вектор

$b = (b_i)_{i \in N}$  визначає для кожного агента  $i$  його заявку  $b_i$ , причому  $\sum_{i=1}^n b_i > 0$  та

$$0 \leq b_i, \forall i \in N: 0 \leq c \leq \sum_{i=1}^n b_i, \quad (1)$$

Розв’язком задачі розподілу є вектор  $x = (x_i)_{i \in N}$ , який ставить у відповідність кожному агенту  $i$  його частку  $x_i$ , причому

$$0 \leq x_i \leq b_i, \quad (2)$$

$$\forall i \in N: \sum_{i \in N} x_i = c. \quad (3)$$

Метод розподілу визначається відображенням  $r$ , яке кожній трійці  $(N, c, b)$  ставить у відповідність вектор витрат  $x = (x_i)_{i \in N}$ ,  $x = r(N, c, b)$ .

Сучасний етап вивчення задач розподілу нараховує останні 30-40 років, коли було отримано низку важливих результатів як «алгоритмічного» спрямування (було запропоновано ряд нових алгоритмів розв’язання задачі (1)-(3)), так і «аксіоматичного» (вивчались властивості розв’язків задач розподілу, в ідеалі було отримано умови «характеризації» розв’язків – необхідні і достатні умови їх існування) [1-9]. Новий напрям розвитку теорії та практики задач розподілу пов’язаний із застосуванням методів «нечіткої математики» («Fuzzy Sets») [6-9]. Розглянемо одне із узагальнень «чітких» методів розподілів, пов’язане з «фазифікацією» (перехід до нечіткості [1]) розв’язків задачі.

Розіб’ємо множину агентів  $N$  на дві підмножини – множину «бідних» агентів  $N_1$ , та множину «багатих» агентів  $N_2$ . Встановимо порогові значення:  $\alpha$  – величина поступки агенту  $i \in N_1$ , означає, що він згоден заплатити «без заперечень»  $(100 - \alpha)$  відсотків своєї «чіткої» частки витрат;  $\beta$  – на скільки відсотків агент  $j$  ( $j \in N_2 = N \setminus N_1$ ) згідний заплатити більше за величину тієї частки витрат, що приписується йому чітким методом.

Відповідні частки витрат яких є правосторонніми нечіткими числами трапецеїдального вигляду,  $x_i = (\underline{x}_i, \hat{x}_i), \forall i \in N_1$  і  $x_j = (\hat{x}_j, \bar{x}_j), \forall j \in N_2$ , з функціями належності  $\mu_k, \forall k \in N$ , де  $\underline{x}_i = (1 - \alpha)\hat{x}_i, i \in N_1, i$   $x_j = (\hat{x}_j, \bar{x}_j), \bar{x}_i = (1 + \beta)\hat{x}_i, j \in N_2$  і  $\hat{x}_k = r(N, c, b)$  для всіх  $k \in N, \sum_{i=1}^n \hat{x}_i = c$ .

В результаті застосування підходу Белмана-Заде для відшукування оптимального розподілу витрат, приходимо до розв’язання такої параметричної (відносно параметру  $\lambda, 0 \leq \lambda \leq 1$ ) задачі:

$$\lambda \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$\mu_k(x_k) \geq \lambda, \forall k \in N; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = c; \quad (6)$$

$$x_k \geq 0, k \in N. \quad (7)$$

Нехай вектор  $(x_1, x_2, \dots, x_n; \lambda)$  є розв'язком задачі (4). Тоді вектор  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  називається розподілом витрат при нечіткому узагальненні методу  $r(N, c, b)$ , а параметр  $\lambda$  показує міру узгодженості максимальної коаліції.

Оскільки функції належності агентів є правосторонніми нечіткими числами трапецеїдального вигляду, то можемо позначити  $x_k^L$  лівий кінець інтервалу нечіткості відповідного нечіткого числа, а через  $x_k^R$  - правий кінець. Позначимо

$$\lambda_0 = \mu_\Sigma(c) = \frac{\sum_{k=1}^n x_k^R - c}{\sum_{k=1}^n x_k^R - \sum_{k=1}^n x_k^L}. \quad (8)$$

$\lambda = \lambda_0$  є розв'язком задачі (4)-(7). При цьому чіткі частки витрат агентів визначаються за формулою:

$$x_k = x_k^R - \lambda_0(x_k^R - x_k^L), \quad \forall k \in N. \quad (9)$$

Нехай величина витрат  $c = (\underline{c}, \hat{c}, \bar{c})$  є нечітким числом трикутного вигляду. Одним із варіантів розв'язання даної задачі є розбиття її на дві підзадачі – задачу «оптиміста» (коли витрати є «меншими», тобто  $c \in [\underline{c}, \hat{c}]$ ) і задачу «песиміста» (коли витрати є «більшими», тобто  $c \in [\hat{c}, \bar{c}]$ ).

Для задачі «оптиміста» має місце

$$c_0 = \frac{\hat{c} \sum_{i=1}^n x_i^R - \underline{c} \sum_{i=1}^n x_i^L}{\sum_{i=1}^n x_i^R - \sum_{i=1}^n x_i^L + \hat{c} - \underline{c}}. \quad (10)$$

Відповідний розподіл знаходимо за формулами (8)-(9).

Задача «песиміста» зводиться до задачі (4)-(7) при  $c_0 = \hat{c}$ . В ролі результуючого розподілу вибирається розподіл, для якого величина  $\lambda = \lambda_0$  є більшою.

І хоча для даних узагальнень виконуються не всі властивості, притаманні чітким методам, деякі з них все-таки мають місце [9].

## Література

1. Волошин О.Ф., Машенко С.О. Моделі та методи прийняття рішень.– Київ:ВПЦ «Київський університет», 2010. – 336с.
2. O'Neill В. A problem of rights arbitration from the Talmud. // *Mathematical Social Sciences*, 2, 1982. - pp. 345-371.
3. Aumann R. and Mashler M. Game theoretic analysis of a bankruptcy problem from the Talmud. // *Journal of Economic Theory*, 36, 1985, - pp. 195-213.
4. Young, H.P. Distributive justice in taxation.// *Journ. of Econ.Theory*, 1988. - pp. 321-335.
5. William Thomson. Axiomatic and game-theoretic analysis of bankruptcy and taxation problems: an update. // *Working Papers 578*, University of Rochester, 2013. – pp.157-182.
6. Волошин А.Ф., Лавер В.А. Нечеткие обобщения модели распределения затрат // *Intern. Journal «Information Models of Knowledge»*, ИТНЕА, 2010. – pp.215-219.
7. Voloshyn O., Laver V. Generalization of distributing methods for fuzzy problems. // *Intern. Journal "Information Theories and Applications"*, Vol. 20, 2013, №4, - pp.303-310.
8. Laver V.O. Fuzzy generalizations for the proportional rule. // *Вісник КНУ ім.Тараса Шевченка*, Серія: фіз.-мат. науки, Вип. №2, 2013. – сс.85-88.
9. Волошин О.Ф., Лавер В.О. Аксиоматична характеристика нечітких узагальнень методів розподілу витрат // *Вісник КНУ ім. Тараса Шевченка*. Сер.: фіз.-мат. науки, 2014, Вип. №1. - сс. 128 - 132.



Лебедєва Т.Т., Семенова Н.В., Сергієнко Т.І.  
 Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України  
 lebedevatt@gmail.com, nvsemenova@meta.ua

## СТРУКТУРНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗБУРЕНИХ КОНУСІВ У ВЕКТОРНІЙ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ

Досліджено вплив збурень у вхідних даних на розв'язки векторної задачі оптимізації з лінійними критеріями. Проведено аналіз властивостей збурених конусів, що частково впорядковують множину допустимих розв'язків задачі щодо векторного критерію. Вивчено структуру всієї сукупності спеціальним чином збурених упорядковуючих конусів, що відповідають різним значенням параметра збурень вхідних даних задачі. Викладені результати проведених досліджень дозволяють істотно розширити уявлення про властивості й структуру множини спеціальним чином збурених конусів, що впорядковують множини допустимих розв'язків векторних оптимізаційних задач.

Розглянемо задачу векторної оптимізації

$$Z(M(C, X)) : \max \{Cx \mid x \in X\}, \quad (1)$$

яка полягає у знаходженні елементів деякої множини оптимальних розв'язків  $M(C, X) \in \mathbf{M}(C, X) = \{Sl(C, X), P(C, X), Sm(C, X)\}$ , де  $P(C, X)$  – множина Парето-оптимальних (ефективних) розв'язків,  $Sl(C, X)$  – множина оптимальних за Слейтером розв'язків,  $Sm(C, X)$  – множина оптимальних за Смейлом розв'язків задачі (1),  $M(C, X) = \{x \in X \mid \omega(x, M(C, X)) = \emptyset\}$ ,  $\omega(x, P(C, X)) = \{z \in X \mid Cz \geq Cx, Cz \neq Cx\}$ ,

$\omega(x, Sl(C, X)) = \{z \in X \mid Cz > Cx\}$ ,  $\omega(x, Sm(C, X)) = \{z \in X \mid z \neq x, Cz \geq Cx\}$ ,  $C = [c_{ij}] \in R^{1 \times n}$  – матриця, коефіцієнтів лінійних цільових функцій  $\langle c_i, x \rangle$ ,  $i \in \{1, \dots, l\}$ , що складають векторний критерій задачі (1),  $X \subset R^n$  – допустима множина довільної структури. Упорядкуємо допустиму область задачі (1) за допомогою многогранного конуса  $K = \{x \in R^n \mid Cx \geq 0\}$ , що може бути представлений як об'єднання множин:  $K = K_0 \cup K_1 \cup K_2$ , де  $K_0 = \{x \in R^n \mid Cx = 0\}$ ,  $K_1 = \{x \in R^n \mid Cx > 0\}$ ,  $K_2 = K \setminus (K_0 \cup K_1)$ . Тоді  $\forall x \in X : x \in P(C, X) \Leftrightarrow (x + K_1 \cup K_2) \cap X = \emptyset$ ,  $x \in Sl(C, X) \Leftrightarrow (x + K_1) \cap X = \emptyset$ ,  $x \in Sm(C, X) \Leftrightarrow (x + K) \cap X \setminus \{x\} = \emptyset$ .

Згідно [2] визначимо конус  $K^*$ , двоїстий до многогранного конуса  $K$ , за формулою  $K^* = \left\{ x \in R^n \mid x = \sum_{k=1}^l \lambda_k c_k, \lambda_k \geq 0, k = 1, \dots, l \right\}$ , яка еквівалентна наступній формулі  $K^* = \left\{ y \in R^n \mid \langle x, y \rangle \geq 0 \forall x \in K \right\}$ . (2)

Розглянемо сімейство спеціальним чином збурених задач  $\{Z(M(C^\tau, X)) \mid \tau \in R^1\}$ , в яких кожний рядок  $c_i^\tau$ ,  $i \in \{1, \dots, l\}$ , збуреної матриці  $C^\tau$  має вигляд:

$$c_i^\tau = c_i - \tau u, \quad (3)$$

$\tau \in R^1$  – параметр збурень,  $u \in ri K^*$  – вектор збурень,  $u \neq 0$ ,

$$u = \sum_{i=1}^l \mu_i c_i, \quad \sum_{i=1}^l \mu_i = 1, \quad \mu_i > 0, \quad i = 1, \dots, l. \quad (4)$$

Збуреній задачі  $Z(M(C^\tau, X))$  поставимо у відповідність збурений упорядковуючий

конус  $K^\tau = \{x \in R^n \mid C^\tau x \geq 0\}$ , який можна представити як  $K^\tau = K_0^\tau \cup K_1^\tau \cup K_2^\tau$ , де  $K_0^\tau = \{x \in R^n \mid C^\tau x = 0\}$ ,  $K_1^\tau = \{x \in R^n \mid C^\tau x > 0\}$ ,  $K_2^\tau = K^\tau \setminus (K_0^\tau \cup K_1^\tau)$ . Очевидно, що  $K^0 = K$ ,  $K_0^0 = K_0$ ,  $K_1^0 = K_1$ ,  $K_2^0 = K_2$ .

У даній роботі продовжені описані в [3-6] дослідження властивостей упорядковуючих конусів, збурених спеціальним чином відповідно до формул (3) і (4). Спираючись на деякі із цих властивостей, був розроблений підхід [3, 4] до регуляризації можливо нестійких до збурень вхідних даних задач вигляду (1) із цілочисловими змінними. При використанні цього підходу певним чином змінюється частковий порядок у просторі розв'язків задачі внаслідок введення спеціальних збурень у вхідні дані. У результаті оптимальні за Слейтером розв'язки відповідно зміненої задачі з трохи розширеним (у порівнянні з вхідним) упорядковуючим конусом, виявляються Парето-оптимальними розв'язками вхідної задачі навіть за наявності досить малих помилок у вхідних даних.

Сформульовано ряд теорем, які характеризують закономірності зміни властивостей збурених упорядковуючих конусів та їх підмножин при зміні значень параметра збурень  $\tau \in R^1$ . Отримані результати можуть використовуватися при розробці теорії коректності оптимізаційних багатокритеріальних задач вигляду (1), у тому числі задач повністю й частково цілочислової оптимізації.

Відзначимо, що значення параметра збурень  $\tau = 1$  можна розглядати як деякий поріг, при якому вектор збурень  $u \in K^*$ , визначений за формулою (4), істотно змінює властивості збурених упорядковуючих конусів  $K^\tau$ , змінюючи у зв'язку із цим також особливості відповідних збурених  $Z(M(C^\tau, X))$  задач. Справедливе наступне твердження.

**Теорема 1** [6]. Якщо  $\tau < 1$ , то  $K^\tau \subset \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle \geq 0\}$ . Якщо  $\tau > 1$ , то  $K^\tau \subset \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle \leq 0\}$ .

Дана теорема є наслідком важливої властивості, яку має вектор збурень  $u \in ri K^*$ , що задовольняє формули (4):  $\forall \tau \in R^1$  вектор  $(1-\tau)u$ , що лежить на одній прямій з вектором збурень  $u$ , завжди міститься у відносній внутрішності конуса, двоїстого до збуреного конуса  $K^\tau = \{x \in R^n \mid \langle c_i^\tau, x \rangle \geq 0, i = 1, \dots, l\}$ , де вектори  $c_i^\tau$ ,  $i \in \{1, \dots, l\}$ , визначаються відповідно до формули (3). Таким чином,  $\forall \tau \in R^1 : (1-\tau)u = \sum_{k=1}^l \mu_k c_k^\tau \in (K^\tau)^*$ .

Знак числа  $(1-\tau)$ , що змінюється на протилежний при переході через граничне значення  $\tau = 1$ , визначає напрямок вектора  $(1-\tau)u$ , що або збігається з напрямком вектора  $u$  (при  $\tau < 1$ ), або змінюється на протилежний йому (при  $\tau > 1$ ). Вибравши будь-яку точку  $x \in K^\tau$ , де  $\tau \in R^1$ , і скориставшись формулою (2) для двоїстого конуса, приходимо до нерівності  $(1-\tau)\langle u, x \rangle \geq 0$ . Аналіз цієї нерівності при різних значеннях  $\tau$  приводить до теореми 1. При доведенні описаних нижче результатів досліджень властивостей множин  $\{K^\tau \mid \tau \in R^1\}$ ,  $\{K_0^\tau \mid \tau \in R^1\}$ ,  $\{K_1^\tau \mid \tau \in R^1\}$ ,  $\{K_2^\tau \mid \tau \in R^1\}$  ми опиралися на лему про те, що множина  $K_0$  всіх напрямків рівноваги вхідної задачі  $Z(M(C, X))$  належить гіперплощині  $\{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle = 0\}$ , що розділяє відповідно до теореми 1 дві сукупності збурених конусів:  $\{K^\tau \mid \tau < 1\}$  і  $\{K^\tau \mid \tau > 1\}$ .

**Лема.**  $K \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle = 0\} = K_0$ .

З огляду на те, що  $u \in K^*$ , і, отже, відповідно до формули (2) має місце нерівність  $\langle u, x \rangle \geq 0$  для всіх  $x \in K$ , стає очевидним такий наслідок даної лєми.

**Наслідок 1.**  $K \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle > 0\} = K_1 \cup K_2$ .

**Теорема 2** [4].  $\forall \tau \in R^1 : K_0 \subset K_0^\tau$ .

**Теорема 3.**  $\forall \tau \in R^1 : K^\tau \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle = 0\} = K_0$ .

Для випадку, коли значення параметра збурень  $\tau$  відрізняється від одиниці, результат, наведений у теоремі 2, був посилений.

**Теорема 4** [5].  $\forall \tau \in R^1 \setminus \{1\} : K_0 = K_0^\tau$ .

Очевидним є такий наслідок теорем 3 і 4.

**Наслідок 2.**  $\forall \tau \in R^1 \setminus \{1\} : K^\tau \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle = 0\} = K_0^\tau$ .

Отже, множина напрямків рівноваги вхідної задачі не змінюється при збуренні її вхідних даних, якщо значення параметра збурень відмінні від одиниці. Даний висновок, беручи до уваги теорему 1, приводить до наступного твердження, що узагальнює наслідок 1 і вказує на те, що за винятком напрямків рівноваги всі інші перспективні напрямки задачі  $Z(M(C^\tau, X))$  при  $\tau \neq 1$  лежать в одному з відкритих півпросторів:  $\{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle > 0\}$  при  $\tau < 1$  й  $\{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle < 0\}$  при  $\tau > 1$ .

**Теорема 5.**  $\forall \tau < 1 : K_1^\tau \cup K_2^\tau = K^\tau \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle > 0\}$ ;

$\forall \tau > 1 : K_1^\tau \cup K_2^\tau = K^\tau \mathbf{I} \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle < 0\}$ .

Спираючись на теорему 5, доведені наступні твердження, що характеризують монотонність, властиву змінам окремих підмножин збурених упорядковуючих конусів задачі (1) при змінах значень параметра збурень  $\tau$  у випадку, коли  $\tau \neq 1$ .

**Теорема 6.**  $\forall \tau', \tau'' (1 < \tau' < \tau'') : K_1^{\tau'} \cup K_2^{\tau'} \subset K_1^{\tau''}$ .

**Теорема 7.**  $\forall \tau', \tau'' (\tau' < \tau'' < 1) : K_1^{\tau''} \cup K_2^{\tau''} \subset K_1^{\tau'}$ .

Очевидним наслідком теорем 4, 6 і 7 є наступне узагальнююче твердження, що описує властивість монотонності, яке мають розглянуті тут спеціальним чином збурені конуси при  $\tau \neq 1$  і яка полягає в поступовому розширенні цих конусів у таких випадках: 1) при зростанні значень параметра  $\tau$  від 1 до  $+\infty$ , 2) при зменшенні значень параметра  $\tau$  від 1 до  $-\infty$ .

**Теорема 8** [6].  $\forall \tau', \tau'' (1 < \tau' < \tau'') : K^{\tau'} \subset K^{\tau''}$ ;  $\forall \tau', \tau'' (\tau' < \tau'' < 1) : K^{\tau''} \subset K^{\tau'}$ .

Розглянемо збурений упорядковуючий конус  $K^\tau$  у випадку, коли  $\tau = 1$ .

**Теорема 9** [5].  $K_0^1 = K^1$ .

**Наслідок 3.**  $\forall z \in K^1 : (-z) \in K^1$ .

Нагадаємо, що відповідно до теорем 2  $K_0 \subset K_0^1$ . Однак рівність  $K_0 = K_0^1$ , про яку йдеться в теоремі 4 для випадку  $\tau = 1$ , не обов'язково виконується при  $\tau = 1$ , тому що можливо, що  $K_0^1 \setminus K_0 \neq \emptyset$ . З огляду на теорему 3, остання нерівність означає, що не всі точки множини  $K^1 = K_0^1$  (див. теорему 9) належать гіперплощині  $\{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle = 0\}$ :

$K^1 \setminus K_0 \subset \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle > 0\} \cup \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle < 0\}$ .

На додаток до теорем 4, 6 – 8, що характеризують монотонність, властиву збуреним конусам при  $\tau \neq 1$ , пропонуємо ще дві теореми, в яких у розгляд вводиться також значення параметра збурень  $\tau = 1$ , доповнюючи тим самим опис взаємозв'язків між елементами множини  $\{K^\tau \mid \tau \in R^1\}$ .

**Теорема 10.**  $\forall \tau (-\infty < \tau < 1): K^1 \cap \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle > 0\} \subset K_1^\tau$ .

**Теорема 11.**  $\forall \tau (1 < \tau < +\infty): K^1 \cap \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle < 0\} \subset K_1^\tau$ .

Аналізуючи наведені вище результати, що описують структуру всієї сукупності збурених конусів  $\forall \tau \in R$ , приходимо до наступних висновків, що доповнюють цей опис.

З теорем 1 і 3 випливає твердження 1.

**Твердження 1.**  $\forall \tau', \tau'' (\tau' < 1 < \tau''): K^{\tau'} \cap K^{\tau''} = K_0$ .

З теорем 4 і 6 слідує твердження 2.

**Твердження 2.**  $\forall \tau', \tau'' (1 < \tau' < \tau''): K^{\tau'} \cap K^{\tau''} \subset K_0 \cup K_1^{\tau''}$ .

З теорем 4 і 7 випливає твердження 3.

**Твердження 3.**  $\forall \tau', \tau'' (\tau' < \tau'' < 1): K^{\tau'} \cap K^{\tau''} \subset K_0 \cup K_1^{\tau'}$ .

Сформулюємо достатні умови рівності множини напрямків рівноваги вхідної задачі з аналогічною множиною збуреної задачі при  $\tau = 1$ .

**Твердження 4.** Якщо  $\exists \tau \neq 1: K^\tau = K_0$ , то  $K^1 = K_0$ .

Сформулюємо достатні умови рівності множини напрямків рівноваги вхідної задачі зі збуреними упорядковувачими конусами.

**Твердження 5.** Якщо  $\exists \tau' < 1: K^{\tau'} = K_0$ , то  $\forall \tau \in [\tau', 1]: K^\tau = K_0$ .

**Твердження 6.** Якщо  $\exists \tau' > 1: K^{\tau'} = K_0$ , то  $\forall \tau \in [1, \tau']: K^\tau = K_0$ .

**Твердження 7.**  $\bigcap_{-\infty < \tau \leq 1} K^\tau = K^1 \cap \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle \geq 0\}$ .

**Твердження 8.**  $\bigcap_{1 \leq \tau < +\infty} K^\tau = K^1 \cap \{x \in R^n \mid \langle u, x \rangle \leq 0\}$ .

Аналізуючи твердження 7 і 8 і беручи до уваги теорему 3, дійдемо такого висновку.

**Твердження 9 [6].**  $\bigcap_{\tau \in R} K^\tau = K_0$ .

## Література

1. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982. – 256 с.
2. Рокафеллар Р. Выпуклый анализ. – М.: Мир, 1973. – 470 с.
3. Козерацкая Л.Н., Лебедева Т.Т., Сергиенко Т.И. О регуляризации задач целочисленной векторной оптимизации // Кибернетика и систем. анализ. – 1993. – № 3. – С. 172–176.
4. Сергиенко И.В., Козерацкая Л.Н., Лебедева Т.Т. Исследование устойчивости и параметрический анализ дискретных оптимизационных задач. – К: Наук. думка, 1995. – 170 с.
5. Сергиенко И.В., Козерацкая Л.Н., Кононова А.А. Устойчивость и неограниченность задач векторной оптимизации // Кибернетика и систем. анализ. – 1997. – № 1. – С. 3–10.
6. Kozeratska L., Forbes J.F., Goebel R.J., Kresta J.V. Perturbed cones for analysis of uncertain multi-criteria optimization problems // Linear algebra and its applications. – 2004. – No 378. – P. 203–229.

<sup>1</sup>Литвиненко В.І., <sup>2</sup>Одинец К.О., <sup>2,3</sup>Корнелюк О.І., <sup>1</sup>Вишемирська С.В.

<sup>1</sup>Херсонський національний технічний університет, м. Херсон, Бериславське шосе 24, (+38 050 9955202) [immun56@gmail.com](mailto:immun56@gmail.com), (+38 050 1331013) [vish\\_sveta@rambler.ru](mailto:vish_sveta@rambler.ru)

<sup>2</sup>Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Київ вул. Академіка Заболотного, 150, Україна, 03143, (+38 098 3334822) e-mail: [odynets2012@ukr.net](mailto:odynets2012@ukr.net)

<sup>3</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ, вул. Глушкова, 4г (+380445265589) e-mail: [kornelyuk@imbg.org.ua](mailto:kornelyuk@imbg.org.ua)

## ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ ШТУЧНОЇ ІМУННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТРЕТИННОЇ СТРУКТУРИ БІЛКА

Розуміння процесу та механізму укладання білкової молекули залишається головним завданням в галузі молекулярної біології [1]. Знання структури є обов'язковим для аналізу функціональності білка, яке дозволяє здійснювати проектування ліків, сільськогосподарських культур, і навіть синтетичного біопалива. Прогноз тривимірної (3D) структури білка є однією з головних проблем для спеціалістів щодо структурної біології. З обчислювальної точки зору, актуальність роботи обумовлена тим, що відповідно до паладоксом Левинтала "... проміжок часу, за який поліпептид приходить до свого скручений стан, на багато порядків менше, ніж якби поліпептид просто перебирав всі можливі конфігурації". Існує кілька методів вирішення даної проблеми: фізичний (рентгенівська спектроскопія або ядерно магнітний резонанс), по розпізнаванню способу згортання (т.зв. "threating" - трідинг), моделювання по гомології та моделювання *ab initio*. В наших дослідженнях ми орієнтуємося на розробці нових і модифікованих методах і алгоритмів гібридних імунних алгоритмів, які виходять з його первинної амінокислотної послідовності які відносяться до класу т.зв. *ab initio* алгоритмів. Основною передумовою всіх алгоритмів *ab initio* є те, що білок в розчині приймає конформацію, відповідну його мінімальної енергії. Передбачуваний енергетичний ландшафт, в основному, визначається набором отриманих за допомогою фізичних і емпіричних вимірів. Таким чином, основним завданням методів *ab initio*, є знаходження глобального мінімуму для обумовленого енергетичного ландшафту. При цьому основний трудностю для всіх алгоритмів *ab initio* є знаходження багатовимірного енергетичного ландшафту з множиною локальних мінімумів енергії. Найбільш критичним при цьому є проблема пошуку найбільш оптимальних: а) конформаційного представлення молекули; б) функції оцінки конформаційного подання молекули; в) метрики оцінки. Для вирішення даної проблеми нами використаний алгоритм штучної імунної мережі, докладно описаний в роботах [2]. Формалізм імунної мережі можна представити у такий спосіб:

$$immNET = (P^l, G^k, l, k, m_{Ab}, \delta, f, I, \tau, AG, AB, S, C, M, n, d, H, R),$$

де  $P^l$  – простір пошуку (простір форм);  $G^k$  – подання простору;  $l$  – довжина вектора атрибутів;  $k$  – довжина рецептора клітки;  $m_{Ab}$  – розмір популяції кліток;  $\delta$  - функція експресії;  $f$  – функція афінності;  $I$  – функція ініціалізації початкової популяції кліток мережі;  $\tau$  - умова завершення роботи алгоритму;  $AG$  – підмножина антигенів;  $AB$  – популяція кліток мережі (антитіл);  $S$  – оператор селекції;  $C$  – оператор клонування;  $M$  – оператор мутації;  $n$  – кількість кращих кліток, що відбираються для клонування;  $d$  – кількість гірших кліток, що підлягають заміні новими;  $H$  – оператор клонального видалення;  $R$  – оператор стиску мережі.

Ціль розв'язання подібного роду задач складається в знаходженні оптимальних значень (мінімумів або максимумів) деякого критерію  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_l)$ ,  $x_i \in X$ ,  $i = \overline{1, l}$ , де  $X$  – припустима безліч завдання. У загальному випадку розглядаються завдання багатокритеріальної оптимізації:  $y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \rightarrow \min (\max)$ , де  $y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_l)$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $n$  – кількість критеріїв завдання. Залежно від умов завдання можливе відшукування глобального або локального оптимумів. У завданнях оптимізації узагальнена форма антитіл являє собою вектор аргументів  $Ab = (x_1, x_2, \dots, x_l)$ , а як антигени використовуються самі критерії  $y_j$ , виражені у вигляді

функцій:  $Ag = f(x_1, x_2, \dots, x_l)$ . Значення афінності  $g_j$  обчислюються на підставі значень критеріїв  $y_j$ , відображених у множину невід'ємних чисел, тобто:

$$f: X \rightarrow \mathfrak{R}, F: \mathfrak{R} \rightarrow \mathfrak{R}^+.$$

Після повної оцінки параметрів індивідуума (Ab) створюється файл, що містить  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $\omega$  і  $\chi$  кути кожної амінокислоти і пересилається в пакет молекулярного моделювання TINKER [3], який перетворює ці торсіонні кути в PDB або XYZ-файл. Якщо PDB файл є тип представлення молекулярних структур, який зберігається в спеціальній базі даних (<http://www.rcsb.org/>) то XYZ-файли являють собою опис кожного атома даного білка в просторі його координат. Цей крок необхідний, для того щоб визначити афінність (придатність) кожного кандидата-рішення (індивідуума, тобто антитіла) в алгоритмі *Analyze*, який також є одним з компонентів пакету молекулярного моделювання TINKER. Дана програма використовує файл, для перевірки взаємодій які присутні в білку і знаходить повну енергію кожного індивідуума (Ab), який, в свою чергу, повертається в алгоритм імунної мережі у вигляді значення афінності індивідуума. Метою алгоритму імунної мережі є мінімізація цієї енергії до мінімально можливого значення. У нашому дослідженні для визначення параметрів силової функції ми використовували загальновизнаний стандарт параметрів силового поля реалізованого в пакеті CHARMM 0,27. Функція енергії даного силового поля складається з семи компонентів:

$$E_{tot} = E_{bs} + E_{ab} + E_{UB} + E_{it} + E_{ta} + E_{VDW} + E_{cc},$$

де:  $E_{tot}$  — повна енергія (афінність);  $E_{bs}$  — енергія розтягування зв'язків, яка відмірює енергію у відповідності до довжини зв'язку;  $E_{ab}$  — енергія кутів вигину;  $E_{UB}$  — енергія Юрі-Бредлі, яка відповідає взаємодіям між парами атомів, які відокремлені двома міжатомними зв'язками;  $E_{it}$  — енергія неправильних торсіонних;  $E_{ta}$  — енергія торсійних кутів;  $E_{VDW}$  — енергія Ван-дер-Ваальса;  $E_{cc}$  — енергія взаємодії між зарядами, яка представлена кулонівським потенціалом.

## Література

1. Callender, R. H., Dyer, R. B., Gilmanshin, R., & Woodruff, W. H. Fast events in protein folding: the time evolution of primary processes. *Annu.Rev.Phys. Chem.* 1998. v. 49 173-202.
2. П. І. Бідюк, В. І. Литвиненко, А. О. Фефелов Формалізація методів побудови штучних імунних систем// Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2007. – № 1. – С. 29–41.
3. Ponder, J. et al. TINKER: Software Tools for Molecular Design. Department of Biochemistry and Molecular Biophysics, Washington University School of Medicine, St. Louis, MO, 1998
4. Cutello, V., Narzisi, G., & Nicosia, G. (2005). A class of Pareto Archived Evolution Strategy algorithms using immune inspired operators for Ab-Initio Protein Structure Prediction. In F Rothlauf (Ed.), *Evo Workshops* (pp. 54-63).

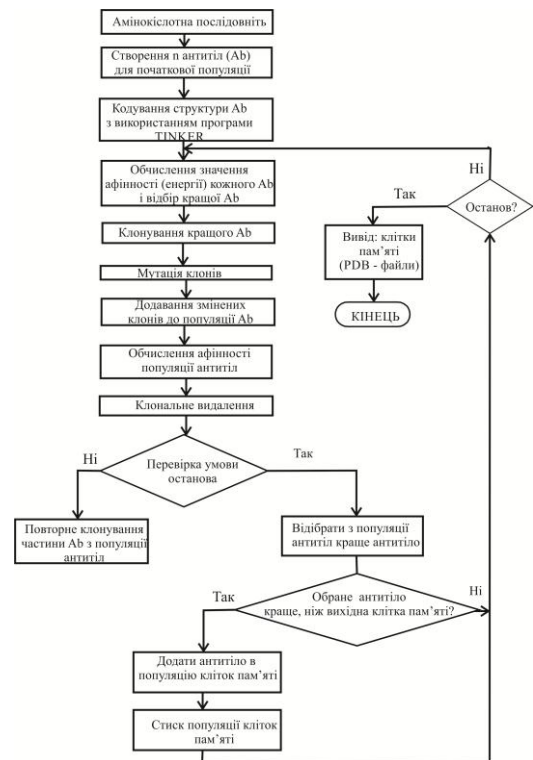


Рис. 1 Алгоритм штучної імунної мережі для розв'язання задачі прогнозування структури білка

## РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ЛЕКСИКОГРАФІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ З ЛІНІЙНОЮ ВЕКТОР ФУНКЦІЄЮ НА ОПУКЛІЙ МНОЖИНІ

При розв'язанні багатьох сучасних практичних задач, пов'язаних з діагностуванням складних систем, забезпеченням безпеки, оптимальним проектуванням та управлінням, застосовують методи багатокритеріальної оптимізації [1-5]. Різні фактори, зокрема велика розмірність задачі, складна структура множини оптимальних розв'язків є причиною того, що для більшості задач векторної оптимізації точний розв'язок отримати не вдається. До одного з ефективних підходів чисельного розв'язання багатокритеріальних задач відноситься векторний варіант методу лінеаризації [3, 4].

Розгляється задача лексикографічної оптимізації [5]:

$$\min^L \{F(x) | x \in X\}, \quad (1)$$

де  $F(x) = (f_1(x), \dots, f_l(x))$ ,  $f_k(x) = \langle c_k, x \rangle$ ,  $c_k \in R^n$ ,  $k = 1, 2, \dots, l$ ,

$X = \{x \in R^n | g^i(x) \leq 0, x \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $g^i(x)$  – неперервно диференційовні опуклі функції.

Пропонується алгоритм, що дозволяє звести розв'язання вхідної задачі до розв'язання багатокритеріальних задач лінійного програмування за допомогою двоїстого симплекс методу. На кожному кроці алгоритму множина допустимих розв'язків замінюється многогранною множиною, що її містить.

Схема алгоритму

0-й крок. Вибираємо довільну точку  $x^0 \geq 0$ . Будуємо многогранник  $X_0 = \{x \in R^n | \langle \nabla g^i(x^0), x - x^0 \rangle + g^i(x^0) \leq 0, x \geq 0, i = 1, 2, \dots, m\}$  і розв'язуємо задачу  $\min^L \{F(x) | x \in X_0\}$  двоїстим симплекс методом. Нехай  $x^1 = \arg \min^L \{F(x) | x \in X_0\}$ . Якщо  $x^1 \in X$ , то задача (1) розв'язана, інакше переходимо до кроку  $s$  ( $s \geq 1$ ).

$s$ -й крок. Виділяємо множину  $J_s = \{i | g^i(x^s) > 0\}$ . Будуємо многогранник  $X_s$ , додавши до обмежень, що визначають  $X_{s-1}$ , нерівності  $\langle \nabla g^i(x^s), x - x^s \rangle + g^i(x^s) \leq 0$ ,  $i \in J_s$ . Розв'язуємо задачу  $\min^L \{F(x) | x \in X_s\}$ . Нехай  $x^{s+1} = \arg \min^L \{F(x) | x \in X_s\}$ . Якщо  $x^{s+1} \in X$ , то задача (1) розв'язана, інакше переходимо до кроку  $s+1$ .

### Література

1. Ломага М.М., Семенов В.В. Квадратичные задачи лексикографической оптимизации: свойства и решения // Компьютерная математика. – 2013. – №2. – С. 134-143.
2. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: 2007. – 256 с.
3. Пшеничный Б.Н., Сосновский Р.Б. Метод линеаризации для решения многокритериальной задачи оптимизации // Кибернетика. – 1987. – № 6. – С. 107-109.
4. Семенова Н.В. Методы поиска гарантирующих и оптимистических решений задач целочисленной оптимизации в условиях неопределенности данных // Кибернетика и систем. анализ. – 2007. – № 1. – С.103–114.
5. Червак Ю.Ю. Оптимізація. Непокращуваний вибір. – Ужгород: Ужгородський національний університет, 2002. – 312 с.

**КОМБІНОВАНЕ ВИКОРИСТАННЯ ІНДУКТИВНОГО АЛГОРИТМА КЛАСТЕРИЗАЦІЇ  
І ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ**

У даній роботі подано застосування відомого генетичного алгоритму в контурі індуктивного алгоритму кластеризації для вирішення задач обробки даних у сфері біоінформатики. Тут використані переваги індуктивного підходу до проблеми кластеризації та генетичного методу кластеризації, в якому рішення, наближене до глобального мінімуму, отримують шляхом послідовного запуску генетичних операцій. Генетичні алгоритми (ГА) представляють собою рандомізовані методи пошуку та оптимізації які базуються на принципах еволюції і генетики, при цьому вони мають властивість неявної паралельності. ГА виконують пошук в складних, великих і мультимодальних ландшафтах, і забезпечують знаходження близько оптимальних рішень, або значення фітнес-функції в задачах оптимізації. У ГА, параметри простору пошуку кодуються у вигляді хромосом (рядків). Сукупність таких хромосом називається популяцією. Спочатку, створюється випадкова популяція, яка представляє різні точки в просторі пошуку. Мета і фітнес-функція пов'язана з кожним рядком, що представляє ступінь його приємності. Грунтуючись на принципі виживання найбільш пристосованих індивідумів, деякі з рядків обираються і кожному з них призначається кількість копій, які входять в спеціальний пул. Біологічно інспіровані оператори, такі як кросинговер і мутація застосовуються на цих рядках, щоб отримати нове найбільш краще покоління рядків. Процес відбору, кросинговера і мутації триває протягом заданої кількості поколінь або до задоволення умови завершення алгоритму. Основні етапи генетичного алгоритму для розв'язання задачі кластеризації даних включають представлення індивідумів та ініціалізацію популяції, обчислення фітнес-функції, відбір, кросинговер і мутацію. Кожен індивідум представляє одну ознаку у підпросторі. Його фітнес являє собою результат кластеризації щодо простору ознак, який представляє індивідум. Збільшення значення фітнес-функції, найбільш щільніші дані в такому підпросторі ознак покращують результати кластеризації.

У загальному виді процедура зводиться до такого.

Крок 1. Поділ початкової таблиці даних на дві частини А і В ( $\Omega^A$  і  $\Omega^B$ ), згідно вимог методології індуктивного моделювання складних систем. Підготовлена загальна матриця даних  $\tilde{X}$  буде мати такий умовний вигляд (припустимо, що  $m$  – парне):

$$\tilde{X} = \left[ \begin{array}{c} (x_{0j} : X)^A \\ \cdot \\ (x_{0j} : X)^B \end{array} \right], \quad (1)$$

$$j = 1, \dots, m^A = m^B, \quad m^A + m^B = m.$$

Крок 2. Налаштування процедури кластеризації за генетичним методом.

Крок 3. Кластеризація об'єктів  $\omega_k \in \Omega$  за допомогою вибраного і уже налаштованого алгоритму незалежно на підмножинах  $\Omega^A$  і  $\Omega^B$  в просторі  $X$  за однією з класичних схем алгоритмів МГУА з індуктивним нарощуванням кількості ознак в їх ансамблях. Багаторядна індуктивна процедура кластеризації може бути такою.

*1-й ряд селекції:*

- 1.1) кластеризація об'єктів на підмножинах  $\Omega^A$  і  $\Omega^B$  за ансамблями  $\{x_i\}$ ,  $i = 1, \dots, n$ ;
- 1.2) проектування центрів отриманих кластерів на вісь  $x_0$ ;
- 1.3) для кластеризацій, в яких виконується умова  $k_t^A = k_t^B = K_t$  ( $t$  – поточний номер кластеризації,  $k_t^{(i)}$  – кількість кластерів в  $t$ -й кластеризації), обчислюються значення критерію оптимальності  $\rho^2(\hat{m})$ .

*2-й ряд селекції:*

- 2.1) кластеризація об'єктів на підмножинах  $\Omega^A$  і  $\Omega^B$  за ансамблями  $\{x_i, x_j\}$ ,  $i, j = 1, \dots, n$ ,  $i \neq j$ ;



2.2) виконуються п.п. (1.2) – (1.3) і за критерієм якості кластеризації відбираються  $F$  ( $F \leq n$ ) кращих кластеризацій  $S_f$  та відповідних ансамблів ознак  $X_f$ ,  $f = 1, \dots, F$ .

3-й і наступні ряди селекції:

3.1) кластеризація об'єктів на підмножинах  $\Omega^A$  і  $\Omega^B$  за ансамблями  $\{X_f, x_l\}$ ,  $f = 1, \dots, F$ ,  $l = 1, \dots, n$  за умови, що ознака з індексом  $l$  не присутня в уже створених ансамблях  $X_f$ .

3.2) виконується п. (2.2).

*Правило зупинки:* індуктивна процедура зупиняється за умови:

$$\rho^2(\dot{m})_s \leq \rho^2(\dot{m})_{s+1}, \quad (2)$$

де  $s$  – ряд селекції в термінах МГУА. При цьому фіксується значення  $k^{*(A)} = k^{*(B)} = K^*$ ,  $K^* \leq m/2$  і підпростір інформативних ознак  $\{x_l^*\} = X^*$ ,  $l = 1, \dots, n^*$ ,  $n^* \leq n$ , а  $\rho^2(\dot{m})$  – значення системного критерію якості кластеризації, який задається у залежності від вирішуваної задачі та природи даних.

Отже, у результаті вирішення задачі кластеризації в широкому сенсі маємо:

- 1) синтезовану підмножину  $\{x_\eta^*\} = X^* \subset X$ ,  $\eta = 1, \dots, n^*$ ,  $n^* \leq n$  із усіх заданих з експерименту ознак, що є найкращою за заданим критерієм оптимальності і яка дозволяє:
- 2) класифікувати всі об'єкти з  $\Omega$  на  $k < m$ ,  $k = 1, \dots, K$  однорідних груп.

**Висновки.** Основними проблемами використання методів кластерного аналізу в біоінформатиці є проблема властивості даних, що аналізуються. Так наприклад біочипи характеризуються великою кількістю вхідних змінних, малою кількістю вибірки, та великим рівнем шуму. Запропонований підхід призначений для розв'язання задач кластеризації даних, що володіють такими «незручними» властивостями. Це досягається за рахунок завадостійкості індуктивного алгоритму кластеризації та генетичного алгоритму, який дозволяє «шліфувати» отримані кластери. Головним недоліком запропонованого підходу є невизначеність в кількості запропонованих кластерів. В наступних дослідженнях ми плануємо розв'язати дану проблему

## Література

1. Осипенко В.В. Индуктивный алгоритм кластер-анализа в инструментарии системных информационно-аналитических исследований / В.В. Осипенко // Управляющие системы и машины, №2, 2013, - С. 26-32.
2. Ивахненко А. Г., Степашко В. С. Помехоустойчивость моделирования / Киев, Наук. думка 1985, 214с. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл. – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
3. Осипенко В.В., Лурье І.А., Литвиненко В.І. Комбіноване використання індуктивного алгоритма кластеризації і алгоритму к-середніх//Інтелектуальні системи прийняття рішень і системи штучного інтелекту: матеріали міжнародної наукової конференції. — Залізний Порт: ХНТУ, 2014. С.309—311

**МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ИНТЕРНЕТЕ**

В настоящее время эффективные методы извлечения знаний из Интернета базируются на научных принципах Web Mining, под которыми понимают методы интеллектуального анализа данных применительно к задачам обнаружения и извлечения информации из Web-документов, ресурсов и сервисов [1]. Астрономический порядок показателей, характеризующих количество и темпы роста объемов хранимой во всемирной сети информации, непрерывно усложняющаяся структура связей и ссылок между существующими и вновь создаваемыми сайтами и страницами, требует применения специальных математических методов для моделирования Web-пространства и процессов поиска и извлечения информации и знаний. Сложности в решении указанных задач связаны не только с исключительно высокими размерностями и существенной динамикой изменения структуры Web-пространства, но и с такими специфическими проблемами, как проблема избыточности (99% информации не представляет интереса для 99% пользователей), проблема ограниченного покрытия (наличия большого числа скрытых источников информации), проблема ограниченности поиска по ключевым словам.

Методы Web Mining условно можно разделить на методы анализа и извлечения информации о контенте (Web Content Mining), извлечения информации о Web-структурах (Web Structure Mining), извлечения информации об использовании Web-ресурсов и предпочтениях пользователей (Web Users Mining).

Методы Web Content Mining сфокусированы на развитии информационных технологий поиска документов в соответствии с определенными критериями (Text Mining). Методы Web Structure Mining направлены на извлечение информации о структуре и динамике изменений системы сайтов и гиперссылок. Методы Web Users Mining направлены на извлечение сведений об использовании ресурсов и поведении пользователей в процессе поиска информации и навигации в Web-пространстве.

Методы Web Content Mining являются теоретической основой совершенствования поисковых систем. При этом широко применяются методы информационного поиска и машинного обучения, в частности автоматической и полуавтоматической кластеризации и классификации текстов документов с использованием соответствующих метрик, а также подходы, основанные на построении локальных баз знаний и использовании основанных на знаниях моделей данных. При этом весьма эффективными оказались графовые методы полуавтоматического машинного обучения (semi-supervised learning) для решения задач кластеризации и классификации текстов, сообщений и документов большой размерности в условиях неполной информации и коротких обучающих выборок.

Одним из наиболее перспективных методов в этом направлении является агентный подход, при использовании которого интеллектуальные агенты обеспечивают поиск необходимой информации с использованием характеристик доменов и профилей пользователей на основе извлеченных знаний об их отношениях и предпочтениях.

Методы Web Structure Mining, направленные на изучение структуры гиперсвязей, используют математические модели Интернета, основанные на фрактальной теории и свойствах самоподобия информационного пространства, обладающего сложной сетевой структурой. Фрактальные свойства, порождаемые кластерной структурой Web-пространства, установлены А. Бредером и привели к появлению известной модели Bow-Tie, дальнейшие исследования связаны с вычислением фрактальных размерностей Web-кластеров [2].

Современные методы построения математических моделей Интернета базируются на теории случайных графов [3]. При этом вводится понятие Web-графа, вершины которого

соответствуют сайтам, а ребра – взаимным гиперссылкам, причем вес ребра соответствует числу ссылок. Указанный граф задается так называемой матрицей гиперсвязей.

В основу построения модели Интернета положена идея о предпочтительном присоединении, реализованная в модели Боллобаша – Риордана. На основе этого подхода решен ряд практических задач, в том числе построение моделей процессов копирования ссылок и процессов распространения спама [3].

В этом классе задач особый интерес представляет собой задача ранжирования сайтов (PageRank), для решения которой используются методы анализа матриц гиперсвязей и нахождения собственных векторов эквивалентных стохастических матриц [4]. Рассмотрены рандомизированные алгоритмы ранжирования на основе телепортационной модели, распределенные рандомизированные алгоритмы вычисления PageRank, использующие методы агрегирования матриц гиперсвязей, алгоритмы, основанные на принципах мультиагентного консенсусного оценивания. Анализ условий сходимости алгоритмов ранжирования и оценок скорости их сходимости позволяет обеспечить работоспособность процедур PageRank и сократить временные затраты.

Методы Web Users Mining обеспечивают извлечение знаний о поведении посетителей Web-сайтов и направлены на получение и анализ информации о существенных шаблонах и маршрутах передвижения пользователей на основе данных о клиент-серверных транзакциях с целью выявления предпочтений пользователей [5]. При этом используются данные о статистике посещения сайтов и формировании запросов, методы предварительной обработки и фильтрации данных, методы идентификации пользователей и транзакций.

В этой связи наибольший интерес представляет задача идентификации предпочтений пользователей на основе анализа информации об их поведении в Web-пространстве. Сложность решения указанной задачи обусловлена отсутствием реальной и достоверной априорной информации о характере и структуре функции предпочтения пользователей, отсутствие возможности получения достаточно длинных обучающих выборок, поскольку поведение пользователей, обусловленное их предпочтениями, может изменяться во времени.

Эффективные методы решения указанных задач могут быть получены на основе теории машинного обучения. Рассмотрено применение ядрового метода (kernel-based learning) для идентификации существенно нелинейных функций предпочтения пользователей. Алгоритмы идентификации получены на основе сочетания ядрового метода опорных векторов (kernel-based SVM) и метода координации статистических и априорных оценок предпочтений, полученных на основе экспертных оценок, опросов, анкетирования [5]. Решение представлено в виде линейной комбинации функций-ядер, параметры которой вычисляются с помощью достаточно простых вычислительных процедур решения регуляризованных систем линейных алгебраических уравнений.

Таким образом, применение и развитие современных математических методов моделирования сложных систем, принятия решений и машинного обучения является основой совершенствования алгоритмов и программных средств извлечения знаний из Интернета.

## Литература

1. Bing L. Web Data Mining: Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data. Springer. - 2011. - 642 p.
2. Ландэ Д.В. Фракталы и кластеры в информационном пространстве // Корпоративные системы. - 2005. - № 6. - 2005. - С. 35-39.
3. А. М. Райгородский. Модели случайных графов. - М: МЦНМО. - 2011.
4. Y. Ishii, R. Tempo. The PageRank Problem, Multiagent Consensus and Web Aggregation // IEEE Control Systems Magazine. - Vol. 34. - No. 3. - 2014. - Pp. 34-53.
5. Lyubchyk L.M., Grinberg G.L. Preference Function Reconstruction for Multiple Criteria Decision Making Based on Machine Learning Approach. In L.A. Zadeh et al. (eds), Recent Developments and New Directions in Soft Computing. Springer, Switzerland, 2014.-P. 53-63.

Людвиченко В. О.

Інститут комп'ютерно-інформаційних технологій, МАУП, м. Київ  
ljudo2@ukr.net

## ПРО АЛГОРИТМИ ПБМ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОПОМІЖНИХ ФУНКЦІЙ НЕВ'ЯЗОК ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ЦІЛЕСПРЯМОВАНИХ ОПТИМАЛЬНИХ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

**Вступ.** Управління будь-якою системою (процесом або об'єктом) має бути цілеспрямованим. Для знаходження цілеспрямованого оптимального управлінського рішення потрібно обґрунтовувати як ціль (мету) управління, так і критерій (або критерії) якості (оптимальності) шуканого управлінського рішення.

Для побудови математичних моделей систем, що управляються, з метою знаходження оптимальних управлінських рішень широко використовуються моделі лінійного і нелінійного математичного програмування [1].

Актуальною залишається проблема вибору методів і розробка алгоритмів та програм для розв'язання задач математичного програмування з метою знаходження цілеспрямованих оптимальних управлінських рішень.

В доповіді розглядаються питання розробки комп'ютерної технології для розв'язання класів задач математичного програмування (МП) на основі методу послідовної безумовної мінімізації (ПБМ) з використанням допоміжних функцій нев'язок [2 - 4], а саме:

- виділення за певними ознаками класів задач МП ;
- використання методу послідовних поступок для розв'язання багатокритеріальних задач МП зведенням їх до послідовності однокритеріальних задач МП;
- розробки алгоритмів ПБМ з використанням допоміжних функцій нев'язок для розв'язання однокритеріальних задач МП та одержання оцінок їх характеристик;
- розробки алгоритмів для безумовної (і в  $n$ -вимірному паралелепіпеді) глобальної мінімізації допоміжних функцій нев'язок: ітераційних (градієнтного, узагальнених градієнтів і випадкового його пошуку та швидкого спуску в напрямку вектора убуття функції) у випадках, коли функції нев'язок випуклі (одноекстремальні); розробки алгоритмів перебору на нерівномірній сітці та комбінованих ітераційно-генетичних алгоритмів для невивуклих (багатоекстремальних) функцій нев'язок;
- розробки інтерфейсу при програмній реалізації алгоритмів ПБМ.

**1. Постановка задач.** Нехай математичною моделлю системи, що управляється, є модель математичного програмування, яку можна розглядати як статичну модель оптимального управління, у якій набір незалежних змінних (управляючих параметрів) утворює  $r$ -мірний вектор  $u = (u_1, u_2, \dots, u_r)$ , а набір залежних змінних (змінних стану системи) утворює  $n$ -мірний вектор  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . І нехай зв'язки між змінними стану системи  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  та його управляючими параметрами  $u = (u_1, u_2, \dots, u_r)$  мають місце у вигляді скалярних (алгебраїчних або трансцендентних) рівнянь  $g_j(x, u) = 0, j = 1, \dots, m$ , а також у вигляді скалярних нерівностей, як обмежень на змінні  $x$  та  $u$   $g_j(x, u) \leq 0, j = m+1, \dots, m+l$  і розглядається задача мінімізації цільової функції на множині

$$\bar{X} = \{ \bar{x} : g_j(\bar{x}) = 0, j = 1, \dots, m, g_j(\bar{x}) \leq 0, j = m+1, \dots, m+l \},$$

де  $\bar{x} = \{x, u\} = \{x_1, x_2, \dots, x_n, u_1, u_2, \dots, u_r\}$ , а саме:  $\text{glob min}_{\bar{x} \in \bar{X}} f(\bar{x}) = f(\bar{x}^*) = f(x^*, u^*) = \mu^*$ ,

для знаходження оптимальних управляючих параметрів  $u^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_r^*)$  з метою прийняття цілеспрямованого оптимального управлінського рішення.

**:2. Алгоритми ПБМ з використанням допоміжних функцій нев'язок** Множина алгоритмів послідовної безумовної мінімізації (ПБМ) розв'язання задач математичного

програмування ґрунтується на використанні різних класів допоміжних функцій та їх властивостей, наприклад, штрафних, модифікованих функцій Лагранжа, тощо.

Алгоритми ПБМ з використанням допоміжних функцій нев'язок

$\varphi(\bar{x}, \mu) = \alpha \cdot \psi(\bar{x}, \mu) + \beta \cdot \phi(\bar{x})$  або  $\varphi(\bar{x}, \mu) = \max\{\psi(\bar{x}, \mu); \phi(\bar{x})\}$  використовують таку їх

$$\text{glob min } \varphi(\bar{x}, \mu) \begin{cases} = 0 & \forall \mu \geq \mu^*, \\ > 0 & \forall \mu < \mu^*. \end{cases} \quad \alpha \geq 1, \beta \geq 1$$

основну властивість:

коефіцієнти,  $\mu \in R^1$  - параметр; додатньо-визначена функція  $\psi(\bar{x}, \mu)$  така, що  $\psi(\bar{x}, \mu) = 0$ , якщо для заданих  $\mu$  і  $\bar{x}$   $\max\{0; f(\bar{x}) - \mu\} = 0$  і  $\psi(\bar{x}, \mu) = f(\bar{x}) - \mu$  або  $\psi(\bar{x}, \mu) = (f(\bar{x}) - \mu)^2$ ,

якщо  $\max\{0; f(\bar{x}) - \mu\} > 0$ ; функція  $\phi(\bar{x})$  має таку властивість:  $\phi(\bar{x}) \begin{cases} = 0 & \forall \bar{x} \in \bar{X}, \\ > 0 & \forall \bar{x} \notin \bar{X}. \end{cases}$  Способи

задання функцій  $\psi(\bar{x}, \mu)$  і  $\phi(\bar{x})$  породжують різні допоміжні функції нев'язок.

**Алгоритми ПБМ** розглянемо для випадку, коли апріорі відомі оцінки зверху і знизу для  $\mu^* = \text{glob min}_{\bar{x} \in \bar{X}} f(\bar{x})$ :  $\lambda \leq \mu^* \leq \nu$ . Вони мають наступні кроки:

**Крок 0.** Задати відомі значення оцінок  $\lambda$  і  $\nu$  та значення  $\varepsilon_1 > 0, \varepsilon_2 > 0$  (їх використання дивіться нижче).

$$\tilde{\mu} = \frac{\lambda + \nu}{2}.$$

**Крок 1.** Обчислити

**Крок 2.** Обчислити розв'язок задачі глобальної мінімізації допоміжної функції нев'язок  $\varphi(\bar{x}, \tilde{\mu})$  із заданою точністю  $\varepsilon_2 > 0$ :  $\theta(\tilde{\mu}) = \text{glob min } \varphi(\bar{x}, \tilde{\mu}) \leq T = \varphi_\tau(\bar{x}_\varepsilon^*, \tilde{\mu}) \leq \theta(\tilde{\mu}) + \varepsilon_2$ , застосовуючи відповідний для вибраної функцій нев'язок алгоритм глобальної мінімізації.

Якщо для обчисленого  $T = \varphi_\tau(\bar{x}_\varepsilon^*, \tilde{\mu})$  виконується умова  $T \leq \varepsilon_2$ , то перейти на крок 4, в іншому випадку – на крок 5.

**Крок 4.** За верхню оцінку для  $\mu_\varepsilon^*$  взяти значення  $\nu = f(\bar{x}_\varepsilon^*)$  або  $\nu = \tilde{\mu}$ , якщо  $\tilde{\mu} < f(\bar{x}_\varepsilon^*)$ .

Покласти:  $\mu_\varepsilon^* = f(\bar{x}_\varepsilon^*)$ . Перейти на крок 6.

**Крок 5.** За нижню оцінку для  $\mu^*$  взяти значення  $\lambda = \tilde{\mu} + \varphi(\bar{x}_\varepsilon^*, \tilde{\mu}) - \varepsilon_2$ .

**Крок 6.** Якщо має місце нерівність  $\lambda > \nu$ , то покласти  $\nu = \lambda$ .

**Зауваження.** Нерівність  $\lambda > \nu$  може мати місце, так як оцінка зверху  $\nu$  знаходиться для значення  $\mu_\varepsilon^*$ , а оцінка знизу  $\lambda$  -- для  $\mu^*$  і поскільки має місце нерівність  $\mu_\varepsilon^* \leq \mu^*$ .

**Крок 7.** Перевірити критерій зупинки: якщо  $|\nu - \lambda| < \varepsilon_1$ , то - на крок 8, інакше на крок 1.

**Крок 8.** Кінець алгоритму.

### Література

1. Петруня Ю.Є, Говоруха В.Б., Літовченко Б.В. та ін. Прийняття управлінських рішень. Навч. посіб. – Київ: Центр учбової літератури, 2011. – 211 с.
2. Иванов В.В., Людвиченко В.А. Об одном методе последовательной безусловной минимизации решения задач математического программирования. -- Кибернетика, 1977, № 2, с. 1 – 8.
3. Иванов В.В. Методы вычислений на ЭВМ: Справочное пособие. – Киев: Наук. думка, 1986. – 584 с.
4. Задірака В.К., Бабич М.Д., Березовський А.І, Бесараб П.М., Людвиченко В.О. Т-ефективні алгоритми наближеного розв'язання задач обчислювальної та прикладної математики. Наук. вид.– К: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2003 р.

## **ИНФОРМАЦИОННО АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «NEWSCAPE»**

Информационно-аналитическая система (ИАС) «NEWSCAPE» ориентирована, прежде всего, на использование в качестве интеллектуальной компоненты системы поддержки принятия решений (СППР) в трудноформализуемых и конфликтных ситуациях. Разработанная система, развитие которой продолжается, обеспечивает процесс выработки эффективных решений различного уровня: от задач оперативного функционирования ситуационного центра до проблем стратегического планирования. ИАС также может быть эффективно использована и в современной информационной войне – как для контроля и планирования действий «своих», так и для выявления и анализа действий «чужих».

Реализованная ИАС позволяет:

- обеспечить непрерывный автоматизированный мониторинг медиaprостранства, включающего в себя около тысячи наиболее рейтинговых сайтов, основные государственные и региональные интернет-источники, ведущие печатные СМИ и телевизионные каналы (видеомониторинг);
- аккумулировать разнообразные разрозненные базы данных в единую информационную систему;
- накапливать в структурированном виде результаты мониторинга для последующего анализа;
- использовать современные методы количественного и качественного анализа информации;
- обеспечить эффективную коллективную работу операторов и аналитиков разного уровня.

ИАС обеспечивает возможность:

- оперативно получать необходимую взаимосвязанную информацию;
- отслеживать основные тенденции медиaprостранства;
- проводить многофакторный анализ объектов, персон, событий, тенденций, трендов;
- совершенствовать управление масштабными системами и подсистемами;
- моделировать и исследовать сложные процессы;
- прогнозировать возможные сценарии развития процессов.

Предлагаемая технология базируется на основе использования современных веб-приложений, что обеспечивает:

- оперативность во всех аспектах системы;
- доступность в любых точках, имеющих подключение к интернету;
- возможность использования на устройствах различного типа (компьютеры, планшеты, смартфоны).

На основе разработанных математических методов и алгоритмов пользователям доступен развитый инструментарий для анализа информации:

- результаты анализа: сортировки, графики, диаграммы, отчеты;
- анализ информационного пространства: количество упоминаний, индекс цитирования, индекс медиаактивности, индекс информационной активности, рейтинг информационной динамики, региональное распределение, распределение по СМИ, оценка уровня агрессивности текстов, выявление манипулятивных признаков в тексте;

- контент-анализ: количественный, частотный, разностный; анализ соседних слов и частей речи в предложении;
- категорийный анализ: политики, политологи, политические партии, области Украины, страны мира, столицы государств, международные организации, промышленность, продукты питания;
- морфологический анализ: существительные, местоимения, прилагательные и наречия, глагольные формы, не словарные объекты, другие части речи;
- конструктор произвольных пользовательских категорий;
- количественные показатели: тексты, предложения, слова, существительные, уникальные существительные, леммы, словоформы;
- среднеарифметические показатели: слов в предложении, существительных в предложении;

На данный момент накоплен огромный объем информации, а также разработан и реализован широкий спектр инструментов для работы с ней. Прикладные системы такого класса на сегодняшний день отсутствуют в Украине.

С 2010 г. в системе накоплено более 12 млн. информационных блоков, более 100 тыс. статей печатных СМИ и тысячи новостийных видеосюжетов. Также в системе доступна структурированная по областям и районам Украины экономическая, социальная и политическая информация. Используются в системе и агрегированные данные по юридическим объектам, предприятиям и физическим персонам.

Созданная ИАС базируется на современных научно-технических разработках сотрудников Института кибернетики им. В.М.Глушкова НАН Украины, развитых и реализованных усилиями объединенного коллектива высококвалифицированных специалистов и представляет собой современный программно-аппаратный комплекс, реализующий основные функции СППР.

ИАС «NEWSCAPE» ориентирована на использование в крупных организациях, политических партиях, государственных учреждениях уровня Верховной Рады, Администрации Президента и КМУ как система анализа и принятия решений на основе экономической, социальной и политической информации. Системы подобного класса востребованы в различных медиа-холдингах, крупных корпорациях и объединениях, активно продвигающих свои товары или услуги, что находит свое отражение в информационном пространстве.

В перспективе планируется развитие системы в следующих направлениях: агрегирование все большего количества данных из разнотипных источников информации (экспертные мнения, телевидение, радио, социальные сети, реклама), стандартизация и подключение дополнительных баз данных и знаний, совершенствование существующего и разработка нового аналитического инструментария и информационных технологий. Это позволит использовать сложные математические модели и методы для улучшения точности формируемых оценок и прогнозов, а также создания качественных аналитических отчетов для лиц, принимающих ответственные решения.

## Литература

1. *Майер-Шенбергер В., Кукьер К.* Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим, 2014. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 240 с.
2. *Гуляницкий Л.Ф., Сергиенко И.В., Малышко С.А.* "О программных средствах поддержки принятия решений в задачах группового выбора" //Управляющие машины и системы. – 1993. – №5. – С. 90-97.

**МОДЕЛЮВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ЗАДОВОЛЕНОСТІ У ЗАДАЧАХ ВИБОРУ**

Наше життя – це послідовність прийняття рішень. Кожен день ставить перед нами нові запитання і потребує вирішення нових проблем. Людина приймає рішення кожен день і при цьому робить це по великому рахунку несвідомо під впливом виховання, реклами, власних стереотипів, страхів, комплексів і своєї компетенції.

Уміння робити вибір полягає в наступному:

- перетворювати складні проблеми (задачі) у прості;
- виділяти головне, аналізувати, систематизувати і узагальнювати наявну інформацію;
- використовувати можливості науки і спеціалістів та при цьому діяти самостійно.

Підходи щодо прийняття рішень умовно можна розділити на дві групи: інтуїтивні і алгоритмічні.

Інтуїтивні способи базуються на інтуїтивному(іраціональному) мисленні, що означає швидке, а іноді і миттєве розуміння ситуації та знаходження правильного рішення. Інтуїція допомагає відповісти на багато запитань при недостатку інформації.

Алгоритмічні способи базуються на логічному(раціональному) мисленні під час якого людина аналізує багато факторів, довго порівнює їх і будує певний алгоритм прийняття рішення. Алгоритм прийняття рішень – це раціональний спосіб, який включає в себе збір інформації, її співставлення і глибокий аналіз.

Психологи і соціологи відмічають [1], що якщо людина використовує тільки іраціональні способи, то вона приймає приблизно 50% правильних рішень. Для того, щоб людина була задоволена життям, потрібно щоб вона приймала до 60% правильних рішень, а бути щасливою і увіреною – до 70% правильних рішень. 80% правильних рішень здатні приймати лише дуже розумні і обдаровані люди. Таким чином, для прийняття правильних рішень необхідно використовувати як іраціональні так і раціональні способи мислення.

Раціональним вважається вибір, якщо він задовольняє визначеним обмеженням: ресурсним, правовим, етичним, моральним, екологічним і т.д. У число обмежених ресурсів попадають і інтелектуальні можливості людини, її увага, здатність сприймати і обробляти інформацію, приймати на її основі рішення. На математичній мові раціональним вибором буде називатись такий вибір, який відповідає екстремальному значенню цільової функції на допустимій множині альтернатив.

Як правило, інформація необхідна для раціонального вирішення проблеми недоступна або вартість її дуже висока. Тому, прийняття оптимального рішення є практично неможливим. Г. Саймон [2] запропонував замінити принцип оптимізації – принципом задоволеності(обмеженої раціональності), так як у складних ситуаціях слідування правилу задовольняючого вибору вигідніше, як спроба глобальної оптимізації.

Розглядається задача багатокритеріального вибору у вигляді наступної системної моделі:

$$\{V, K, O, A, P_V / R_V\},$$

де відомі:  $V$  – вид задачі вибору;  $K$  – множина критеріїв;  $O$  – шкали оцінок;  $A$  – скінчена множина альтернатив;  $P_V$  – правило вибору, а невідомим – результат вибору ( $R_V$ ). Правило вибору базується на моделі раціональної задоволеності з використанням апарату нечітких множин.

**Література**

1. Вербин С. Наука принятия решений. – СПб.: Питер, 2002.- 160с.
2. Simon H.A. Rationality as Process and as Product of Thought // American Economic Review, May 1978, v.68, no.2, p.1–16.



## ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ГЕПАТОРЕНАЛЬНОМУ СИНДРОМІ

Не дивлячись на суттєві досягнення в діагностиці цирозу печінки, проблема удосконалення, тобто ранньої діагностики даної патології та її ускладнень, й надалі залишається однією з актуальних у сучасній медицині.

Згідно даних ВООЗ, за останні 20 років смертність при хронічних гепатитах та цирозах печінки у США та країнах Західної Європи збільшилась вдвічі, перемістившись з 10 на 5 місце [1]. В Україні також відмічається ріст захворюваності хронічними дифузними захворюваннями печінки – на 93,3 % та поширеності цирозу печінки – на 35,3 %. Високий відсоток летальності пов'язаний зі збільшенням до 60 % ускладнених, декомпенсованих форм вперше встановленого захворювання. Найбільш вагомою ознакою декомпенсації циротичного процесу є формування портальної гіпертензії, з розвитком неблагодієвливих для життя ускладнень, а саме: печінкової енцефалопатії, стравохідно-шлункових кровотеч, летальність при яких складає понад 40 %, розвитку асцити, що є причиною смерті близько 50 % хворих протягом 2 років.

Однак, ще більш песимістичним є прогноз хворих на цироз печінки з гепаторенальним синдромом (ГРС), який характеризується прогресуючим зниженням ниркової функції. Вірогідність його розвитку у пацієнтів на 1 році розвитку цирозу печінки складає 18 %, на 5 році – збільшується до 40 %. Летальність при його формуванні, за різними даними, складає 80-100 %. До такої високої смертності призводить відсутність ранніх специфічних маркерів розвитку гепаторенального синдрому.

В даний час під ГРС розуміють функціональну олігуричну прогресуючу, але зворотню патологію нирок, що виникає при важких захворюваннях печінки з печінковою недостатністю, коли виключені інші чинники, що сприяють ураженню нирок

Протягом багатьох років діагноз ГРС піддавався сумнівам серед клініцистів. Це в першу чергу зумовлено тим, що у зв'язку з відсутністю типових клініко-лабораторних ознак, характерних для розвитку ГРС, традиційно класифікувався як діагноз «виключення»

У 1990 році у Флоренції (Італія) був заснований Міжнародний клуб з вивчення асцити (International Ascites Club). Основною метою роботи якого було дослідження складних механізмів порушень гемодинаміки та дисфункції нирок, патогенезу та терапії асцити та ГРС, що супроводжують захворювання печінки. У результаті діяльності даної установи, у 1996 році були запропоновані і у 2005 році уточнені на погоджувальній нараді у Сан-Франциско діагностичні критерії ГРС [2]. Однак, незважаючи на всі наукові пошуки, в даний час не існує специфічних діагностичних маркерів ГРС. Зважаючи на функціональну природу патології нирок при ГРС, діагноз ставиться при виключенні решти можливих причин ниркової недостатності у пацієнтів з гострими або хронічними захворюваннями печінки — преренальної, ренальної і постренальної ниркової недостатності, а також «псевдогепаторенального» синдрому.

З огляду на вище зазначене, було б перспективним створення експертної системи із застосуванням моделей багатокритеріальної оцінки альтернатив з використанням нечіткого логічного виводу, що дозволило б удосконалити діагностику та раннє виявлення гепаторенального синдрому.

### Література

1. Ангели П. Оптимальное ведение гепаторенального синдрома у пациентов с циррозом / П. Ангели, Ф. Морандо (перевод с англ. Терещенко А.) // Здоровье Украины. – 2010. - № 17 (246). – С. 55-56.
2. Грінцов О.Г. Механізми розвитку і шляхи корекції гепаторенального синдрому / О.Г. Грінцов, Н.В. Кабанова, Ю.О. Шаповалова // Науковий вісник Ужгородського університету. – 2009. – Випуск 36. – С.73-76.

## ПРО ВІДОКРЕМЛЕННЯ ІЗОЛЬОВАНИХ РОЗ’В’ЯЗКІВ НЕЛІНІЙНИХ ІНТЕГРАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ЗІ СТЕПЕНЕВОЮ НЕЛІНІЙНІСТЮ

Дано нелінійне інтегральне рівняння (НІР) зі степеневою нелінійністю вигляду

$$u(x) - \int_0^1 \bar{K}(x, y) \cdot u^m(y) dy - f(x) = 0, \quad m \geq 2, \quad (1)$$

де  $u(x)$  – шукана функція,  $\bar{K}(x, y)$ ,  $f(x)$  – неперервні функції за всіма своїми аргументами в квадраті  $[0,1]$ . Ставиться задача про відокремлення ізольованих обмежених за нормою розв’язків рівняння (1). Наближений метод розв’язування задачі [1] полягає у застосуванні квадратурної формули

$$\int_0^1 z(y) dy = \sum_{j=1}^n \alpha_{jn} z(y_{jn}) + r_n(z), \quad (2)$$

де точки  $y_{jn} \in [0,1]$  називаються вузлами, а  $\alpha_{jn} \in R$  – коефіцієнтами квадратурної формули, для переходу до системи нелінійних алгебраїчних і трансцендентних рівнянь

$$\xi_{in} = \sum_{j=1}^n \alpha_{jn} \bar{K}(x_{in}, y_{jn}) \cdot (\xi_{jn})^m + f(x_{in}), \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

яка апроксимує (1), та наступному її розв’язанні (наприклад, за допомогою  $\varepsilon$ -алгоритму [2]). Невідомими є значення шуканої функції у вузлах сітки квадратурної формули. Аналітичні розв’язки рівняння (1), в цьому випадку, визначаються рівністю

$$u_n^*(x) = \sum_{j=1}^n \alpha_{jn} \bar{K}(x, y_{jn}) \cdot (\bar{\xi}_{jn})^m + f(x), \quad (4)$$

де  $(\bar{\xi}_{1n}, \bar{\xi}_{2n}, \dots, \bar{\xi}_{nn}) \in m_n$  – розв’язки (точні чи наближені) системи рівнянь (3), які надалі приймаються за центри замкнених куль (областей єдиності кожного розв’язку), а радіуси підлягають визначенню.

Правомірність переходу від розв’язання рівняння (1) до розв’язання системи (3) виражається двома теоремами, які базуються на використанні аналога теореми методу мінімальних похибок [3]. Перша доводить існування розв’язку системи (3) за даними існування розв’язку рівняння (1) і збіжності методу переходу до (3). Друга твердить про розв’язність рівняння (1) за даними існування при фіксованому  $n$  розв’язку системи (3) та доводить існування і дає практичний апарат для знаходження таких інтервалів значень радіусів куль, при кожному з яких куля буде містити один розв’язок рівняння (1), що відповідає даному наближеному. Таким чином відбувається відокремлення ізольованих розв’язків і одержується апостеріорна оцінка похибки кожного наближеного розв’язку.

### Література

1. Бабич М.Д. Про відокремлення ізольованих розв’язків нелінійних інтегральних рівнянь / М.Д. Бабич // Український математичний журнал. – 1996. – Т. 48, №8. – С. 1011 – 1020.
2. Бабич М.Д. Об одном алгоритме приближенного решения систем нелинейных уравнений / М.Д. Бабич, Л.Б. Шевчук // Кибернетика. – 1982. – №2. – С. 74–79.
3. Фридман В.М. Итеративный процесс с минимальными ошибками для нелинейного операторного уравнения / В.М. Фридман // Доклады Академии наук СССР. – 1961. – Т. 139, №5 – С. 1063–1066.

ЗАДАЧА МІНІМІЗАЦІЇ  $\tilde{\alpha}$  – МОНОТОННИХ БУЛЕВИХ ФУНКЦІЙ

Проблема простого представлення функції зводиться до проблем вибору базису і найбільш економного представлення функції в цьому базисі. Це і є задачею мінімізації функції двозначної логіки. Задача класифікації  $\tilde{\alpha}$  – монотонних функцій є однією із задач теорії булевих функцій, яка має як теоретичне так і прикладне значення. Зокрема  $\tilde{\alpha}$  – монотонність булевої функції є достатньою умовою її однорідності [1].

В [2] розглянуто теореми про необхідну і достатню умову  $\tilde{\alpha}$  - монотонності функцій та єдиність мінімальної ДНФ  $\tilde{\alpha}$  - монотонної функції. На основі цих двох теорем отримуємо алгоритм мінімізації  $\tilde{\alpha}$  - монотонних функцій двозначної логіки.

1. Будуємо для заданої однорідної булевої функції  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  поліном

$P_{\tilde{\alpha}}(f)$ , де  $\tilde{\alpha}$  - один із наборів із  $Z_2^n$ , для яких функція  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  є  $\tilde{\alpha}$  - монотонною.

2. За поліномом  $P_{\tilde{\alpha}}(f)$  будуємо  $\tilde{\alpha}$  - поліноміальну ДНФ.

3. Проводимо в побудованій ДНФ всі елементарні поглинання.

Проілюструємо роботу алгоритму на прикладі. Мінімізувати  $\tilde{\alpha}=(0,1,0)$ - монотонну булеву функцію  $f = (1,0,1,1,0,0,1,1)^T$ .

В результаті виконання швидких перетворень отримуємо вектор спектру  $(1,0,1,0,0,0,0,1)$ . На основі якого отримуємо  $\tilde{\alpha}$  - канонічний поліном  $P_f(x, y, z) = \bar{x}y\bar{z} \oplus \bar{x}y\bar{z} \oplus xuz$ . За цим поліномом побудуємо  $\tilde{\alpha}$  - поліноміальну ДНФ  $\bar{x}y\bar{z} \vee \bar{x}y\bar{z} \vee xuz$ , мінімізувавши яку отримуємо  $\bar{x}\bar{z} \vee xuz$ .

При розв'язанні поставленої задачі була розроблена програма, яка для довільного числа змінних встановлює потужність класу  $\tilde{\alpha}$  - монотонних булевих функцій і виводить всі набори для яких функція є  $\tilde{\alpha}$  - монотонною.

## Література

1. Мич І.А. Модифікований критерій  $\tilde{\alpha}$  - монотонності булевих функцій. // Науковий вісник УжДУ. Сер. матем.– 1999. №.4.–С. 118-119.
2. Мич І.А., Трофимлюк О.Т. Застосування узагальнених кон'юнктивних перетворень в теорії булевих функцій. //Вісник державного університету «Львівська політехніка». Прикладна математика. - №337.-Львів. 1998. – с.47-49.

**Маринець В. В., Маринець К. В., Питьовка О. Ю.**  
 ДВНЗ «Ужгородський національний університет»,  
 Мукачівський державний університет  
vasyl-marynets@rambler.ru, katya\_marinets@ukr.net

### ПРО ОДИН ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ КРАЙОВИХ ЗАДАЧ В ОБЛАСТЯХ ІЗ СКЛАДНОЮ СТРУКТУРОЮ КРАЮ

Дана робота є продовженням досліджень, приведених в [1, 2].

В  $R^2$  розглядається область  $D = D_1 \cup D_2$ , де  $D_1 = \{(x, y) | x \in (x_0, x_1], y \in (y_0, g_1(x))\}$ ,  
 $D_2 = \{(x, y) | x \in [x_1, x_2], y \in (g_2(x), y_1)\}$ , а  $x_0 < x_1 < x_2, y_0 < y_1 < y_2, y = g_r(x)$ , причому  
 $g_r'(x) > 0, g_1(x_{r-1}) = y_r, g_2(x_r) = y_{r-1}$ .

Досліджується задача: в просторі вектор-функцій  $C^*(\bar{D}) := C^{(1,1)}(D) \cap C(\bar{D})$  знайти розв'язок системи диференціальних рівнянь

$$L_2 U(x, y) = f(x, y, U(x, y)) := f[U(x, y)], \quad (1)$$

$$L_2 U(x, y) := U_{xy}(x, y) + A_1(x, y)U_x(x, y) + A_2(x, y)U_y(x, y),$$

$U(x, y) := (u_i(x, y)), f[U(x, y)] := f_i[U(x, y)], i = \overline{1, n}$  - вектор-функції,  $A_r(x, y) := (\delta_{ij} a_{ij}^{(r)}(x, y)),$   
 $r = 1, 2, j = \overline{1, n}$  - задані матриці,  $\delta_{ij}$  - символ Кронекера, який задовольняє крайові умови

$$U(x_0, y) = \Psi(y), \Psi(y) \in C^1[y_0, y_1], U(x, y_0) = \Phi(x), \Phi(x) \in C^1[x_0, x_1], \Psi(y_0) = \Phi(x_0), \quad (2)$$

$$U(x, g_r(x)) = \Omega_r(x), x \in [x_{r-1}, x_r], \Omega_r(x) \in C^1[x_{r-1}, x_r], r = 1, 2,$$

$$\Omega_2(x_1) = \Phi(x_1), \Omega_1(x_0) = \Psi(y_1), \quad (3)$$

де  $\Psi(y) := (\psi_i(y)), \Phi(x) := (\varphi_i(x)), \Omega_r(x) := (\omega_{ir}(x)), i = \overline{1, n}, r = 1, 2$  - задані вектор-функції.

При умові, що  $A_1(x, y) \in C^{(1,0)}(D_1 \cup D_2) \cap C(D), A_2(x, y) \in C(D) \cap C^{(0,1)}(D_1),$   
 $F[U(x, y)] \in C_1^*(\bar{B}), f: \bar{B} \rightarrow R^{n+2}$  (див. позначення роботи [1]) будується одна модифікація двостороннього методу наближеного інтегрування крайової задачі (1)-(3) і встановлюються достатні умови:

1. існування вектор-функцій порівняння (першої «вилки»),
2. існування та єдності регулярного або ірегулярного розв'язку досліджуваної задачі,
3. знакосталості розв'язку.

### Література

1. V. V. Marynets and K. V. Marynets. On Goursat-Darboux boundary-value problem for systems of non-linear differential equations of hyperbolic type // Miskolc Mathematical Notes. – 2013. – Volume 14, №3 – P. 1009-1020.
2. В. В. Маринець, К. В. Маринець. Крайова задача Гурса-Дарбу для нелінійного рівняння гіперболічного типу // Доповіді НАНУ. – 2013. – №10, С. 23-28.
3. К. Courant. Partial differential equations. NEW-YORK-LONDON:1962/

Маханець Л.Л.

Чернівецький національний університет ім. Ю. Федьковича  
liuba\_max@rambler.ru**ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКУ ВИХОДУ НА НОВИЙ РИНОК  
МЕТОДАМИ ЕКОНОФІЗИКИ**

Одним із невідкладних завдань щодо забезпечення ефективного функціонування економіки України є включення її у світове господарство і міжнародне співробітництво. Тому першочерговим завданням є моделювання та оцінювання ризиків функціонування вітчизняного господарського суб'єкта на світовому ринку. Для цього необхідно оцінювати світове конкурентне середовище.

Конкурентне середовище, а саме сукупність зовнішніх стосовно конкретного підприємства факторів, які впливають на конкурентну взаємодію підприємств відповідної галузі є невід'ємною складовою ринкової економіки. У той же час конкурентне середовище є динамічним за темпами, глибиною, масштабністю змін на окремих конкретних ринках, елементом економічного життя.

Дане середовище є результатом і умовою взаємодії великої кількості суб'єктів ринку, що визначає відповідний рівень економічного суперництва і можливість впливу окремих економічних агентів на загальну ринкову ситуацію. Важливим є те, що конкурентне середовище утворюється не лише і не стільки власне суб'єктами ринку, взаємодія яких викликає суперництво, але в першу чергу – відносинами між ними.

Пропонуємо оцінювати вплив конкурентного середовища, в яке необхідно вливатися українським підприємствам за допомогою характеристик електростатичного поля. Основною характеристикою електростатичного поля є напруженість ( $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ) – векторна величина, яка чисельно рівна силі, що діє на одиничний позитивний точковий заряд, поміщений у дану точку поля. Електростатичне поле, яке створюється зарядами  $q_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  діє на заряд  $q_0$  з силою [1]

$$F = \frac{q_0}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{|\vec{r}_i|^2}.$$

Якщо позначили сумарний вплив  $R = \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{|\vec{r}_i|^2}$  і  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  як  $k$  (коефіцієнт пропорційності),

то напруженість можна записати як

$$E = kR.$$

Аналогічно на ринку на нового суб'єкта діє певна сила конкурентного середовища

$$E_m = kR_m,$$

де  $E_m$  – напруженість ринку (конкурентного середовища),  $R_m$  – сумарний вплив, який створюють вже існуючі суб'єкти господарювання на нового гравця.

Таким чином, вимірявши напруженість конкурентного середовища можна визначити силу впливу на нового суб'єкта, і виходячи з цього, новий гравець може розрахувати свої витрати і, відповідно, зменшити ризик невдачі виходу на новий ринок.

**Література**

1. Spânulescu I., Popescu I., Stoica V., Gheorghiu A., Velter V. An econophysics model for the stock-markets' analysis and diagnosis // [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://arxiv.org/pdf/1101.4680.pdf>

## ПОЛІНОМІАЛЬНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ФУНКЦІЙ БАГАТОЗНАЧНОЇ ЛОГІКИ

В [1-2] розглянуто задачу побудови поліномів функцій двозначної логіки на основі формул швидких кон'юнктивних перетворень. Використання цих формул дозволяє зменшити число операцій необхідних для обчислення спектру функції.

Нехай  $P_f = \sum_{\alpha=0}^{k^n-1} a_{\alpha} \cdot x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}$  - канонічний поліном функції  $k$ -значної логіки

$f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , де  $a = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot k^{n-i}$ ,  $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n) \in Z_k$ . Розглянемо матрицю  $A$ , в  $\alpha$ -ому

стовпці якої поміщені значення добутків  $x_1^{\alpha_1} \cdot x_2^{\alpha_2} \cdot \dots \cdot x_n^{\alpha_n}$  на елементи множини  $Z_k^n$ .

За аналогією з двозначною логікою розглянемо побудову формул швидких перетворень в  $k$ -значній логіці та їх застосування для побудови поліномів.

Нехай  $C = B^{\otimes n}$ , де  $B = \begin{bmatrix} b_{0,0} & \dots & b_{0,k-1} \\ \dots & \dots & \dots \\ b_{k-1} & \dots & b_{k-1,k-1} \end{bmatrix}$  і нехай  $A$  – матриця факторизації матриці  $B$ .

Розглянемо дискретне перетворення  $C_f$  функції  $f = (f_0, f_1, \dots, f_{k^n-1})$  у вигляді  $C_f = A(A(\dots A(A \cdot f) \dots))$ , яке називається швидким  $C$ -перетворенням функції  $f$ . У даному виразі матриця  $A$  тієї самої розмірності, що і вектор сигналу, тобто розмірність матриці  $A$  і вектора  $f$  дорівнює  $k^n$ . Позначимо через  $G = (G_0, \dots, G_{n-1}) = A \cdot f$ .

Згідно правил множення матриці на вектор дістанемо:

$$G_0 = b_{0,0} \cdot f_0 + b_{0,1} \cdot f_1 + \dots + b_{0,k-1} \cdot f_{k-1},$$

$$G_1 = b_{0,0} \cdot f_k + b_{0,1} \cdot f_{k+1} + \dots + b_{0,k-1} \cdot f_{2k-1},$$

.....

$$G_{n-1} = b_{k-1,0} \cdot f_{n-k-1} + b_{k-1,1} \cdot f_{n-k} + \dots + b_{k-1,k-1} \cdot f_{n-1}.$$

Легко помітити наявність певної закономірності у знаходженні елементів вектора  $G$ . У роботі виведено формули знаходження  $C$ -перетворення, а також показано їх застосування для побудови поліномів. Також розроблено програму, яка дозволяє для довільної функції  $k$ -значної логіки побудувати канонічний поліном.

## Література

1. Мич І.А. Метод побудови узагальнених канонічних поліномів функцій двозначної логіки. // Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Серія матем. і інформ. – 2007. – Вип. 14-15. – С.104-106.
2. Agaian S., Astola J., Egiazarian K. Binary polynomial transforms and nonlinear digital filters, New York, 1995. – 302s.

Михалёв А.И.<sup>1</sup>, Кирия Р.В.<sup>2</sup>, Водолазский Ю.А.<sup>1</sup>.

1. Национальная металлургическая академия Украины  
пр. Гагарина, 4, г.Днепропетровск, 49600, Украина

2. Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины  
ул.Симферопольская 2а, г.Днепропетровск, 49005, Украина  
e-mail: vodolazky@gmail.com

## ОЦЕНИВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ПОДЗЕМНОГО ГОРНОГО ТРАНСПОРТА МЕТОДАМИ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Основной задачей при проектировании систем подземного горного транспорта является прокладка маршрутов, обеспечивающих оптимальные показатели эффективности горнотранспортных систем, такие как: максимальный коэффициент технического использования по производительности с учётом неравномерности поступления грузопотоков из лав и максимальный коэффициент пропускной способности, обеспечивающий поддержание средней пропускной способности системы с учетом обслуживания и ремонта транспортного оборудования при минимальных экономических затратах [1]. При этом следует учитывать, что сложная гипсометрия залегания пластов, особенно в Донбассе, не позволяет поддерживать прямолинейной выработку на значительной длине, поэтому через определенные расстояния необходимо делать повороты конвейерной линии. Отсюда – большое количество конвейеров, малая среднестатистическая длина одного конвейерного става и низкая надежность их работы [2].

Всё вышеперечисленное позволяет сделать предположение, что схемы транспорта шахт в силу природности залегания угольных пластов обладают масштабной инвариантностью, т.е. отдельные участки схемы повторяют особенности всей схемы транспорта. Целью данного исследования является проверка этого предположения с помощью вычисления для схем транспортных систем шахт величины фрактальной размерности, как количественного показателя их масштабной инвариантности.

На рисунке 1 показана схема шахты Красноармейская-западная. Выявлена экспоненциальная зависимость между специальной мерой  $M$ , вычисляемой по изображению и масштабом измерения  $l$ . Это иллюстрирует график зависимости  $\ln(M) - \ln(l)$  – точки в логарифмических масштабах ложатся на прямую (рис 1в).

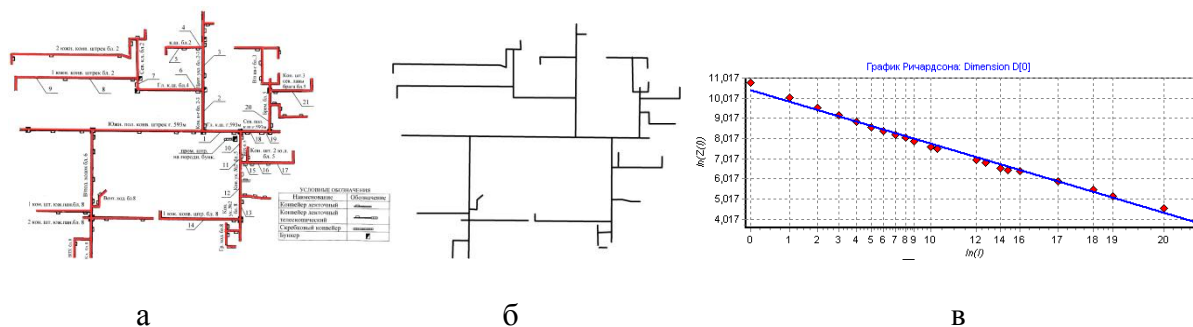


Рисунок 1 – а - исходная схема шахты с выделенными тоннелями, б - Схема тоннелей без дополнительной информации, в - аппроксимация мер, рассчитанных на различных масштабах для изображения (б)

Расчёты проводились по методу BoxCounting с использования авторского программного обеспечения MFMet [3]. Проанализированы изображения схем систем транспорта пяти разных шахт и получены значения фрактальной размерности в диапазоне 1.39 – 1.52, что подтверждает наличие масштабной инвариантности. Данный факт может быть использован при оценивании эффективности существующих систем шахтного транспорта и планировании их будущего развития.

## Литература

1. Кирия Р.В. Определение критерия эффективности функционирования систем подземного конвейерного транспорта угольных шахт / Р.В. Кирия, Т. Ф. Мищенко, Ю. В. Бабенко // Системные технологии. Рег. межвуз. сб. научн. работ. – Выпуск 3 (90). – Днепропетровск, 2014. – С. 152-161.
2. Кирия Р.В. Математические модели функционирования систем конвейерного транспорта угольных шахт /. Наукові вісті. Сучасні проблеми металургії. №16 (2013). Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014 с. 85-96.
3. Оценка параметров мультифрактальных моделей металлографических изображений / А.И. Михалёв, А.И. Деревянко, Ю.А. Водолазский, В.В. Помулев – Современные проблемы металлургии. Научные труды Нац. металл. академии Украины. – Том 7. – 2004. – С.140-148.



**Михалевич В.М.**

Національний університет «Києво-Могилянська академія»

[mih@ukma.kiev.ua](mailto:mih@ukma.kiev.ua)

## **ДО ПОБУДОВИ СТАТИСТИЧНОЇ ЗАКОНОМІРНОСТІ**

Пропонується підхід для обґрунтування моделі системи прийняття рішень за умов невизначеності, спираючись на формально-логічний принцип оптимальності – принцип гарантованого результату в статистичній формі. При цьому виявляється, що невизначеність стану природи представляє варіант «випадковості в широкому сенсі», яка описується статистичною закономірністю. Остання представляє собою сукупність адитивних ймовірнісних мір замкнену в \*-слабкій топології. Таким чином виникає прикладна задача побудови цієї закономірності на формальній або експериментальній основі.

Для інтерпретації формальної постановки задач вибору використовується поняття системи прийняття рішення та її ситуації, яка задається двома формами схем і моделей. Отриманий взаємозв'язок між цими двома формами дозволяє, не зменшуючи загальності, вважати ситуацію параметричною. В системі прийняття рішення визначені задачі прийняття рішення та вибору переваг на рішеннях та запропоновано в довільному класі схем ситуацій поняття правила вибору переваг та невизначеності схеми відносно задач вибору переваг у широких класах цих правил. Отримано критерії існування та класифікацію зазначеної невизначеності. Посилено результати Іваненка-Лобковського, що представляють вирішення проблеми невизначеності для задач вибору переваг на основі принципу гарантованого результату і визначають multi-prior модель SEU. Вирішення проблеми невизначеності для задач вибору в баєсівській формі з вимогою існування функцій корисності, що зберігають переваги на рішеннях і наслідках, поширюється на задачі прийняття рішення в узагальненій необаєсівській формі, яка припускає для наслідків випадковість в широкому сенсі. Це здійснюється шляхом переходу до задач багатократного вибору. В результаті для системи багатократного прийняття рішення отримано незвідні multi-prior моделі SEU для задач вибору в узагальненій необаєсівській формі, що аксіоматизують відповідно принципи гарантованого та найкращого результатів у статистичних формах.

### **Література**

1. Михалевич В.М. До невизначеності в непараметричних ситуаціях задач прийняття рішень / В.М. Михалевич // Національний університет "Києво-Могилянська академія". Наукові записки. Серія: фізико-математичні науки. – 2010. – Т.100. – С. 11–29.
2. Михалевич В.М. К системе принятия решения / В.М. Михалевич // Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Фізико-математичні науки : зб.наук.праць / Ін-т кібернетики імені В.М.Глушкова Національної академії наук України, Кам'янець-Подільський національний університет. – 2010. – Вип.4. – С. 139–148.
3. Михалевич В.М. Одна форма принципа гарантированного результата при многократном выборе / В.М. Михалевич // Кибернетика и вычислительная техника. – 2010. – №161. – С. 28–34.
4. Михалевич В.М. О некоторых классах правил выбора предпочтений в задачах принятия решения / В.М. Михалевич // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – №6. – С. 140–154.
5. Михалевич В.М. К моделированию системы принятия решения для необаевсовских задач / В.М. Михалевич // Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – №5. – С. 45–51.
6. Михалевич В.М. Многократный выбор решения при наличии одной из форм принципа гарантированного результата / В.М. Михалевич // Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – №8. – С. 43–47.
7. Михалевич В.М. К критерию при многократном выборе решения / В.М. Михалевич // Доповіді Національної академії наук України. – 2011. – №11. – С. 49–53.
8. Михалевич В.М. К задаче принятия решений с денежными последствиями / В.М. Михалевич // Кибернетика и вычислительная техника. – 2011. – №163. – С. 3–22.

9. Михалевич В.М. Об одном критерии для необайесовских задач решения / В.М. Михалевич // Кибернетика и вычислительная техника. – 2011. – Вып.164. – С. 29–42.
10. Михалевич В.М. К параметрической задаче решения с денежными потерями / В.М. Михалевич // Кибернетика и системный анализ. – 2011. – №2. – С. 131–142.
11. Михалевич В.М. К параметрической задаче решения с денежными доходами / В.М. Михалевич // Кибернетика и системный анализ. – 2011. – №5. – С. 163-169.
12. Михалевич В.М. К параметрической форме моделирования ситуации в общей задаче принятия решения / В.М. Михалевич // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2011. – №3. – С. 77–87.
13. Михалевич В.М. До моделювання ситуацій задач прийняття рішень / В.М. Михалевич // Національний університет "Києво-Могилянська академія". Наукові записки. Серія: фізико-математичні науки. – 2011. – Т.113. – С. 44–49.
14. Михалевич В.М. До системи прийняття рішення / В.М. Михалевич // Національний університет "Києво-Могилянська академія". Наукові записки. Серія: комп'ютерні науки. – 2011. – Т.125. – С. 27–40.
15. Михалевич В.М. К проблеме неопределенности при многократном выборе решений / В.М. Михалевич // Доповіді Національної академії наук України. – 2012. – №1. – С. 44–47.
16. Михалевич В.М. К неопределенности в непараметрических схемах ситуаций задач принятия решения / В.М. Михалевич, В.И. Иваненко // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2012. – №1. – С. 61–76.
17. Михалевич В.М. О двух критериях при поэтапном выборе решений / В.М. Михалевич // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – №2. – С. 68–79.
18. Михалевич В.М. Оптимальность, сочетающая принципы гарантированного и наилучшего результата, в задачах принятия решений / В.М. Михалевич // Теорія оптимальних рішень. – К.: Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, 2012. – С. 53–59.
19. Михалевич В.М. Задачи принятия решения с денежными доходами (потерями) при сочетании принципов гарантированного и наилучшего результатов / В.М. Михалевич // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – №6. – С. 85–95.

УДК 519.87; 535.345.67

**Міца О.В., Матяшовська Б.О., Шумило Н.Я.**

Ужгородський національний університет

e-mail: [amitsa@i.ua](mailto:amitsa@i.ua)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ СПЕКТРАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕОДНОРІДНОЇ ПЛІВКИ З РІЗНИМИ РОЗПОДІЛАМИ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ ДО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОХИБОК ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО**

Дана робота є продовженням дослідження впливу технологічних похибок на спектральні характеристики різних оптичних структур [1-3].

Розглянемо стійкість спектральних характеристик неоднорідної плівки з лінійним, квадратичним, логарифмічним та експоненціальним розподілами показника заломлення до можливих технологічних похибок (див. рис.). Діапазон розсіювання для можливих варіацій показника заломлення від декілька сотень до тисячі разів більший, ніж для можливих варіацій геометричної товщини. Тому на рисунках часто стовпчика, який показує діапазон розсіювання для геометричної товщини не видно.

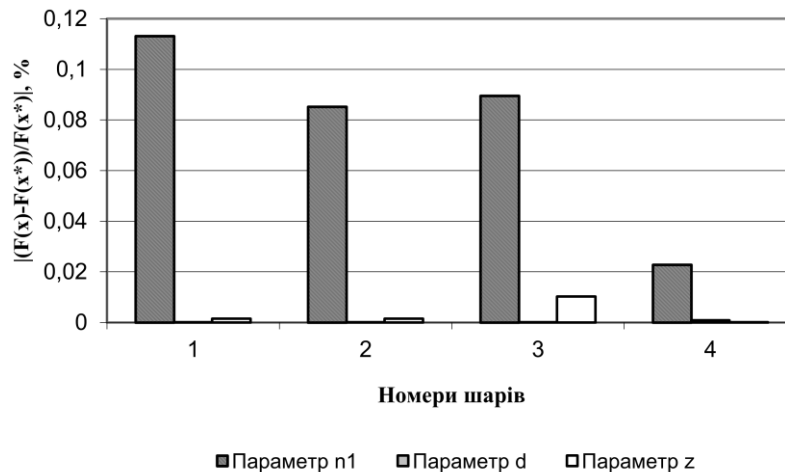


Рис. Діаграма розсіювання цільової функції для неоднорідної плівки, побудована за результатами аналізу методом Монте-Карло: 1 – при лінійному розподілі з оптимальним вибором параметрів ( $n_1=3.650$ ,  $d=1500.0$  нм,  $z = -2.3$ ); 2 – при квадратичному розподілі з оптимальним вибором параметрів ( $n_1=3.750$ ,  $d=614.4$  нм,  $z = -2.4$ ); 3 – при логарифмічному розподілі з оптимальним вибором параметрів ( $n_1=2.850$ ,  $d=1447.9$  нм,  $z = -1.5$ ); 4 – при експоненціальному розподілі з оптимальним вибором параметрів ( $n_1=3.487$ ,  $d=234.3$  нм,  $z = -1.5$ ).

Як бачимо із рисунку, спектральні характеристики найбільш чутливі до варіації показника заломлення, ніж до варіації інших параметрів. Причому найбільш чутливі при лінійному розподілі, а далі йдуть логарифмічний, квадратичний та експоненціальний. Похибки інших параметрів для всіх типів розподілів практично не впливають на спектральні характеристики, за винятком геометричної товщини для логарифмічного розподілу показника заломлення.

### Література

1. Міца О.В., Матяшовська Б.О., Шумило Н.Я. Дослідження чутливості спектральних характеристик до технологічних похибок за допомогою методу монте-карло на прикладі відрізаючих інтерференційних фільтрів типу S-BHВ...BHВ // Міжнародна школа-семінар “Теорія прийняття рішень”. – Ужгород, 2008. – С. 89.
2. Міца О.В., Матяшовська Б.О., Шумило Н.Я. Дослідження чутливості спектральних характеристик широкосмугових інтерференційних фільтрів типу S-2BH2В...2BH2В до технологічних похибок за допомогою методу Монте-Карло // Міжнародна школа-семінар “Теорія прийняття рішень”. – Ужгород, 2010. – С. 154-155.
3. Міца О.В., Матяшовська Б.О., Шумило Н.Я. Дослідження чутливості спектральних характеристик одно-, дво-, три- та чотиришарових однорідних оптичних структур до технологічних похибок за допомогою методу Монте-Карло // Міжнародна школа-семінар “Теорія прийняття рішень”. – Ужгород, 2012. – С. 142-143.

**Мулеса О.Ю., Миронюк І.С.**  
ДВНЗ "Ужгородський національний університет"  
Закарпатський центр профілактики та боротьби із СНІДом  
[mulesa.oksana@gmail.com](mailto:mulesa.oksana@gmail.com), [ivan.mironyuk@gmail.com](mailto:ivan.mironyuk@gmail.com)

### ЗАДАЧА ФОРМУВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ГРУПИ ДЛЯ ПОБУДОВИ СОЦІАЛЬНО-ДЕМОГРАФІЧНОГО ПОРТРЕТУ ОСОБИ-ТРУДОВОГО МІГРАНТА, ЯК ПРЕДСТАВНИКА ГРУПИ ПІДВИЩЕНОГО РИЗИКУ ІНФІКУВАННЯ ВІЛ

Соціально-демографічні характеристики представників груп підвищеного ризику інфікування ВІЛ (ГПР) є важливим інструментом планування ефективних програм профілактики поширення ВІЛ-інфекції/СНІДу в регіонах концентрованої стадії епідемії. В Україні проведено цілу низку досліджень соціально-демографічних характеристик представників загальнонаціональних ГПР. В той же час, для Закарпатської області важливим є визначення соціально-демографічних характеристик представників регіональної ГПР – трудових мігрантів, оцінки кількісних характеристик якої вітчизняними науковцями не проводились [1]. Таким чином, серед інших, актуальною є задача визначення оціночної чисельності трудових мігрантів на окремі території.

Для розв'язання згаданої задачі пропонується застосовувати представлену в роботах [2-5] технологію оцінювання кількісних характеристик ГПР, в основі якої лежать нечіткі моделі і методи побудови та аналізу соціально-демографічного портрету особи-представника такої групи. Одним з етапів побудови соціально-демографічного портрету, відповідно до згаданих методів є етап проведення експертного опитування, якому передують етап формування експертної групи. Слід зазначити, що попередні дослідження показали складну структуру групи трудових мігрантів в Закарпатській області, соціально-демографічний портрет особи-представника якої в різних районах області має свої особливості [1]. Таким чином, важливими характеристиками експертної групи є як компетентність її учасників, так і репрезентативність групи за територіальною ознакою.

Отже, задача формування експертної групи може бути сформульована таким чином.

Дано:  $K$  – кількість територій, на які логічно можна поділити територію дослідження та які характеризуються однорідними соціально-демографічними, географічними та іншими умовами;

$M$  – кількість професійних груп експертів, представники яких є на кожній із зазначених територій;

$N_j^k$  – кількість експертів  $j$ -ої групи на  $k$ -ій території ( $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, K}$ );

$e_{ij}^k$  –  $i$ -ий експерт,  $j$ -ої групи на  $k$ -ій території, коефіцієнт компетентності якого –  $x_{ij}^k$  ( $i = \overline{1, N_j^k}$ ,  $j = \overline{1, M}$ ,  $k = \overline{1, K}$ ).

Необхідно: сформувати експертну групу, з обмеженою кількістю експертів в ній, таким чином, щоб було забезпечене територіальне та професійне представництво, а компетентність учасників якої задовольняла поставленим вимогам.

Варто зазначити, що коефіцієнти компетентності експертів можуть бути визначені одним з відомих методів встановлення компетентності експертів [6] або їх комбінацією.

Позначимо 
$$\delta_{ij}^k = \begin{cases} 1, \text{ якщо } e_{ij}^k \text{ входить в експертну групу,} \\ 0, \text{ в протилежному випадку;} \end{cases}$$

$EG = (\delta_{11}^1 \cdot x_{11}^1, \delta_{21}^1 \cdot x_{21}^1, \dots, \delta_{N_1^1}^1 \cdot x_{N_1^1}^1, \delta_{12}^1 \cdot x_{12}^1, \dots, \delta_{N_2^1}^1 \cdot x_{N_2^1}^1, \dots, \delta_{N_M^1}^1 \cdot x_{N_M^1}^1, \delta_{11}^2 \cdot x_{11}^2, \dots, \delta_{N_M^K}^K \cdot x_{N_M^K}^K)$  –

вектор, що характеризує експертну групу та компетентність її учасників.

Тоді математична модель задачі є такою:

$$F(EG) \rightarrow opt \quad (1)$$

при умовах

$$\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j^k} \delta_{ij}^k > 0, \quad \forall k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{N_j^k} \delta_{ij}^k > 0, \quad \forall j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

$$a \leq \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j^k} \delta_{ij}^k \leq b, \quad (4)$$

де  $a > 0$ ,  $b > 0$  – відповідно, мінімально та максимально можлива чисельність експертної групи;  $F(EG)$  – функція, яка характеризує компетентність експертної групи та задається особою, що приймає рішення.

Критерій (1) доцільно задавати в одній з таких форм:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^{N_j^k} \delta_{ij}^k \cdot x_{ij}^k \rightarrow max$$

або

$$\min_{\substack{k=1, k, j=1, M, \\ i=1, N_j^k, \delta_{ij}^k \neq 0}} (\delta_{ij}^k \cdot x_{ij}^k) \rightarrow max$$

Методи розв'язання задачі (1)–(4) залежать від виду функції  $F(EG)$ . В різних випадках можуть бути застосовані методи розв'язання задачі лінійного програмування, метод повного перебору варіантів та інші. У випадку, коли початкова кількість потенційних експертів досить велика, ефективним є використання методології послідовного аналізу варіантів [7].

## Література

1. Миронюк І.С. Соціально-демографічні характеристики трудових мігрантів-жителів Закарпатської області як представників групи високого ризику інфікування ВІЛ/ І.С. Миронюк // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія "Медицина". – 2014. – Вип.1(49). – С.227 – 231.
2. Мулеса О. Ю. Технологія кількісного оцінювання представників груп високого ризику інфікування вірусом імунодефіциту людини в умовах невизначеності / О. Ю. Мулеса // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: "Нові рішення в сучасних технологіях". – 2013. – №56(1029)2013. – С. 172-179.
3. Мулеса О. Ю. Послідовний аналіз варіантів в нечітких задачах кластеризації та ідентифікації / О. Ю. Мулеса // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія фізико-математичні науки. – 2013. – Випуск 2. – С.205-209.
4. Мулеса О.Ю. Аналіз інформаційної технології підтримки прийняття рішень для задачі охорони здоров'я / О. Ю. Мулеса // Східно-Європейський журнал передових технологій 3/2 (63). – 2013. – С. 19-23.
5. Миронюк І. С. Застосування інформаційних технологій для вирішення задачі оцінки чисельності представників груп високого ризику інфікування ВІЛ / І. С. Миронюк, О. Ю. Мулеса // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. Науково-практичний журнал. – 2013. – 3 (57)/ 2013. – с. 55-63.
6. Гнатієнко Г. М Експертні технології прийняття рішень: Монографія / Г. М. Гнатієнко, В. Є. Снитюк. – К.: ТОВ „Маклаут”, 2008. – 444 с.
7. Волкович В.Л. Методы и алгоритмы автоматизированного проектирования сложных систем управления / В.Л. Волкович, А.Ф. Волошин, Т.М. Горлова и др. – К.: Наук. думка, 1984. – 216 с.

**МОДЕЛЬ СУБ'ЄКТА ПРАВА ТА ШИФРУВАННЯ ЙОГО КОМУНІКАЦІЙ**

Потужною силою в розвитку сучасного суспільства є інтенсивне глобальне поширення інформаційно – комунікативних технологій, які допомагають збирати, зберігати, аналізувати та розповсюджувати інформацію.

Сучасна цивілізація перебуває на стадії формування інформаційного суспільства, у якому головними продуктами суспільних відносин є інформація і знання.

Глибоке дослідження характеристик інформації, в тому числі розробка теоретичних засад моделювання процесів правочину та прийняття юридичних рішень є актуальною проблемою. Успішне вирішення цієї проблеми може суттєво впливати на досконалість, оперативність та результативність формалізації юридичних законів, особливо комп'ютерно–інформаційному супроводженні взаємодії фізичних та юридичних осіб на основі відповідних інструментальних засобів експертної та телекомунікаційної техніки, а також прогресивних інформаційних технологій [1].

Однією з вирішальних умов забезпечення законності при використанні інформаційних технологій є формалізація правових норм, удосконалення методів моделювання та аналізу правової інформації. Вже виникає необхідність перейти від правозастосовних аспектів взаємодії комп'ютеризованих інформаційних систем та права до правотворчого аспекту, тобто пропозиції змін до діючого законодавства.

Важливим класом інформаційних систем в юридичній діяльності є сховища даних, бази знань та систем підтримки прийняття рішень (СППР). Особливістю СППР є інтерактивна взаємодія, що реагує як на регламентні так і на непередбачені інформаційні запити, зорієнтована на проблемно-орієнтований тип рішень або на множину взаємозв'язаних рішень. Причому успішне створення СППР стосовно правоохоронної діяльності можливе тільки в разі взаємодії математиків, юристів, практиків та фахівців з інформаційних технологій.

Світовий досвід застосування СППР в різних галузях юриспруденції показує, що одним з перспективних напрямків організації інтерактивної взаємодії юристів з базами знань є побудова інформаційних моделей взаємодії інтелектуальних суб'єктів права (ISP) шляхом формалізації підкласів моделей подання юридичних знань.

В сучасній юриспруденції широко використовується технологія реалізації цифрових підписів при дистанційному укладанні та веденні договорів між юридичними особами. При цьому виникає проблема захисту інформації від несанкціонованого доступу [2].

Важливим новим аспектом юридичних відносин в інформаційному суспільстві є розв'язання проблеми пов'язаної із захистом інтелектуальної власності та атаками несанкціонованого доступу до даних.

У загальнодоступних хмарних комп'ютерних мережах суттєву загрозу складає людина – суб'єкт права, яка здійснює неавторизований і несанкціонований доступ до даних. З метою протидії такому несанкціонованому доступу застосовується взаємна аутентифікація між двома інтелектуальними суб'єктами права (ISP). Тобто особливу небезпеку при цьому здійснює «людина посередник» (man-in the middle attacks) [2], яка використовує протокол перекодування адресів (Address resolution protocol, ARP).

Класифікація суб'єктів приватного права (рис.1), де взаємодіють дев'ять об'єктів (R – відчужувач; G – створювач; W – набувач; QV – користувач; CPV – перевізник; BV – зберігач; V – об'єкт власності; LV – ліквідатор; N – реєстратор) можна однозначно описати  $9 \times 9 = 81$  бінарною парою матриці взаємодії.

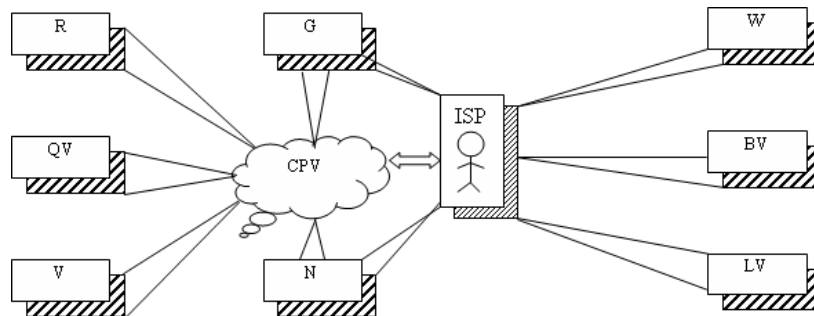


Рис.1. Системні об'єкти руху власності.

Інформаційна нейромодель ISP формується на принципах групування зовнішніх впливів по ознаках системної єдності та охоплення різних класів такої сукупності інформаційно-впливових груп, яка показана на рис.2.

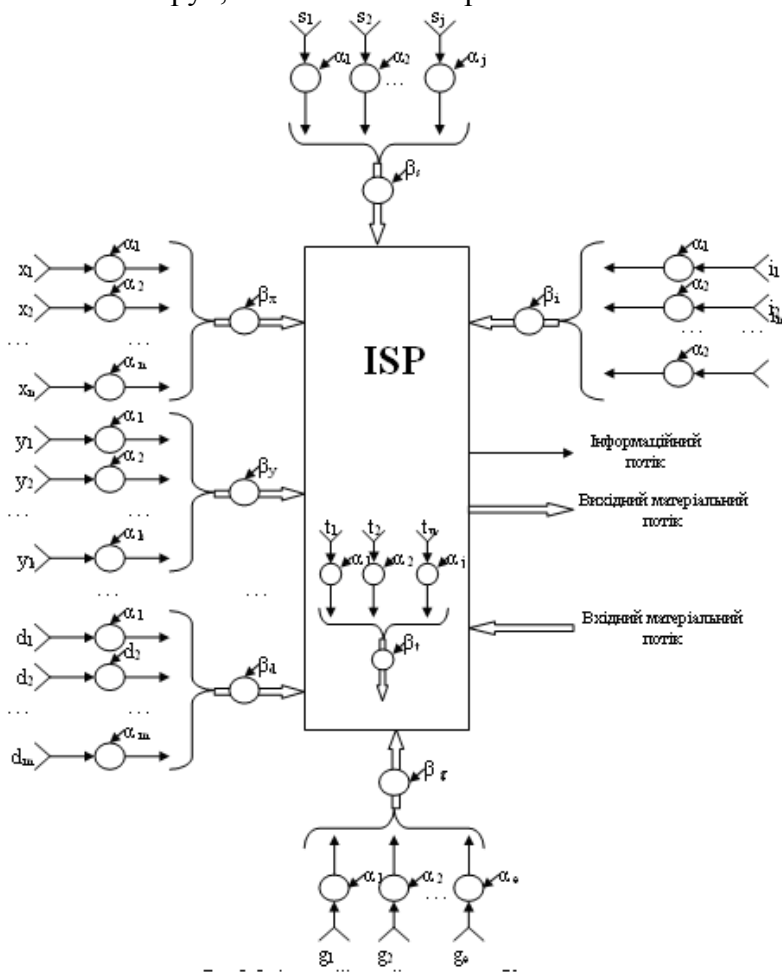


Рис.2. Інформаційна нейромодель суб'єкта права

- X – хаотичні впливи та взаємодії;
- Y – управлінські та законодавчі впливи;
- D – доцільні взаємодії з навколишнім середовищем;
- I – інформаційні зовнішні впливи;
- S – функція страху, оцінка результатів своєї реакції на зовнішні впливи;
- G – життєві фактори виживання;
- T – таємна інформація, яка несвідомо або ціленаправлено не відображається у вихідних інформаційних чи матеріальних потоках;
- Z<sub>i</sub>, Z<sub>m</sub> – реакція у вигляді відповідних інформаційних та матеріальних потоків

Таким чином сучасні телекомунікаційні та комп'ютерні системи володіють всіма алгоритмічними та технічними можливостями реалізації дистанційних процедур укладання та ведення угод, як моменту виникнення права власності з використанням цифрового підпису та захисту даних від несанкціонованого доступу.

### Література

1. Николайчук Л.М. Теоретичні основи юриспруденції приватної власності в контексті системних об'єктів комп'ютерних мереж. / Николайчук Л.М. // Вісник Хмельницького національного університету, №4, Ч.1, Т.2.- 2005.- С.56-58.
2. Задірака В. Методи захисту фінансової інформації / Задірака В., Олексюк О. // – К.: Вища школа, 2000. – 458с.

## БЕЗКВАНТОРНІ ЛОГІКИ ЧАСТКОВИХ КВАЗІАРНИХ ПРЕДИКАТІВ

Апарат математичної логіки є основою сучасних інформаційних і програмних систем, він належить до основних засобів моделювання предметних областей. Для цього зазвичай використовується класична логіка предикатів та базовані на її основі спеціальні логіки. Розроблено низку різноманітних логічних систем, які успішно використовуються в програмуванні. Такі системи зазвичай базуються на класичній логіці предикатів. Проте класична логіка має принципові обмеження, які ускладнюють її використання. Ця логіка базується на традиційних математичних структурах однозначних тотальних скінченно-арних відображень, тому недостатньо враховує неповноту, частковість, структурованість інформації про предметну область. Тому особливої актуальності набуває проблема побудови нових, програмно-орієнтованих логічних формалізмів. Природною основою такої побудови є спільний для логіки й програмування композиційно-номінативний підхід [1]. На його базі збудовано і досліджено [1–3] широкий спектр логік часткових предикатів. Такі логіки названо *композиційно-номінативними* (КНЛ). Вони базуються на загальних класах часткових відображень, заданих на наборах іменованих значень. Ці відображення названо квазіарними.

В доповіді пропонуються нові класи КНЛ – безкванторні логіки квазіарних предикатів. Вони займають проміжне становище між пропозиційною логікою та першопорядковими КНЛ. В безкванторних логіках, що засвідчує їх назва, не використовуються дуже потужні композиції квантифікації, характерні для першопорядкових логік. Безкванторний рівень розпадається на декілька підрівнів, найабстрактнішим з них є реномінативний. Реномінативні логіки добре досліджені, водночас інші підрівні безкванторного рівня дотепер залишались без належної уваги. Перші кроки для виправлення цієї ситуації робимо в даній доповіді.

На безкванторному рівні можна виділити наступні підрівні (в дужках – скорочена назва логік відповідного підрівня):

- реномінативний (РНЛ);
- реномінативний з рівністю (РНЛР);
- реномінативний з строгою рівністю (РНЛРС);
- безкванторно-функціональний (БКНЛ);
- безкванторно-функціональний з рівністю (БКНЛР);
- безкванторно-функціональний з строгою рівністю (БКНЛРС).

На першопорядкових та безкванторних рівнях функції та предикати – квазіарні, вони задаються іменних множинах.  $V$ -іменна множина ( $V$ -ІМ) над  $A$  – це однозначна функція вигляду  $d: V \rightarrow A$ . Множину всіх  $V$ -ІМ над  $A$  будемо позначати  ${}^V A$ .

Функції вигляду  ${}^V A \rightarrow A$  назвемо  $V$ -квазіарними функціями на  $A$ .

Функції вигляду  ${}^V A \rightarrow \{T, F\}$  будемо називати  $V$ -квазіарними предикатами на  $A$ .

Класи  $V$ -квазіарних функцій на  $A$  і  $V$ -квазіарних предикатів на  $A$  позначаємо  $Fn^A$  і  $Pr^A$ .

$V$ -квазіарна функція (предикат)  $g$  *еквітонна*, якщо:  $g(d) \downarrow$  та  $d \subseteq d' \Rightarrow g(d) \downarrow = g(d')$ .

Стисло опишемо виділені класи безкванторних логік квазіарних предикатів.

*Рівень РНЛ.* Тут можна перейменувати компоненти даних. Це дає змогу ввести композицію реномінації (перейменування)  $R_{\bar{x}}$ . Базові композиції РНЛ:  $\neg, \vee, R_{\bar{x}}$ .

На наступних рівнях РНЛР та РНЛРС додатково можна ототожнювати й розрізняти значення предметних імен за допомогою спеціальних 0-арних композицій – параметризованих за іменами предикатів рівності. Розглядаємо дві різновидності таких предикатів: слабкої (з точністю до визначеності) рівності  $\equiv_{xy}$  та строгої (точної) рівності  $\equiv_{xy}$ .

*Рівень РНЛР.* Базові композиції:  $\neg, \vee, R_{\bar{x}}, \equiv_{xy}$ .



*Рівень РНЛРС.* Базові композиції:  $\neg, \vee, R_{\bar{x}}^{\bar{v}}, \equiv_{xy}$ .

Предикати рівності  $\equiv_{xy}$  та  $\equiv_{xy}$  задаємо через їх області істинності й хибності:

$$T(\equiv_{xy}) = \{d \in {}^V A \mid d(x) \downarrow = d(y) \downarrow\};$$

$$F(\equiv_{xy}) = \{d \in {}^V A \mid d(x) \downarrow \neq d(y) \downarrow\};$$

$$T(\equiv_{xy}) = \{d \in {}^V A \mid d(x) \downarrow = d(y) \downarrow\} \cup \{d \in {}^V A \mid d(x) \uparrow \text{ та } d(y) \uparrow\};$$

$$F(\equiv_{xy}) = \{d \in {}^V A \mid d(x) \downarrow \neq d(y) \downarrow\} \cup \{d \in {}^V A \mid d(x) \downarrow, d(y) \uparrow \text{ або } d(x) \uparrow, d(y) \downarrow\}.$$

Предикати  $\equiv_{xy}$  подаються через  $\equiv_{xy}$  та спеціальні предикати-індикатори (див. [3])  $\varepsilon z$ :

**Теорема 1.** Маємо  $\equiv_{xy} = (\equiv_{xy} \& \neg \varepsilon x \& \neg \varepsilon y) \vee (\varepsilon x \& \varepsilon y)$ .

На безкванторно-функціональних рівнях можна формувати нові базові значення для вхідних даних функцій та предикатів. Тут з'являються квазіарні функції на  $A$ . Це дозволяє ввести композицію суперпозиції  $S^{\bar{x}}$ . Виділення квазіарних функцій на  $A$  та квазіарних предикатів на  $A$  індукує виділення суперпозицій двох типів:  $(Fn^A)^{n+1} \rightarrow Fn^A$  та  $Pr^A \times (Fn^A)^n \rightarrow Pr^A$ .

Для роботи з окремими компонентами даних виділяємо спеціальні 0-арні композиції – функції деномінації (розіменування)  $'x$ , де  $x \in V$ . Вони задаються так:  $'x(d) = d(x)$ . При введенні деномінацій композиції реномінації можна промоделювати за допомогою суперпозицій.

*Рівень БКНЛ.* Базові композиції:  $\neg, \vee, S^{\bar{x}}, 'x$ .

На безкванторно-функціональних рівнях з рівністю додатково можна ототожнювати й розрізняти предметні значення, що дає змогу ввести спеціальну композицію рівності вигляду  $Fn^A \times Fn^A \rightarrow Pr^A$ . Розглядаємо дві різновидності такої композиції: слабкої (з точністю до визначеності) рівності  $=$  та строгої (точної) рівності  $\equiv$ .

*Рівень БКНЛР.* Базові композиції:  $\neg, \vee, S^{\bar{x}}, 'x, =$ .

*Рівень БКНЛРС.* Базові композиції:  $\neg, \vee, S^{\bar{x}}, 'x, \equiv$ .

Композиції слабкої рівності  $=$  та строгої рівності  $\equiv$  задаються так:

$$=(f, g)(d) = \begin{cases} T, & \text{якщо } f(d) \downarrow \text{ та } g(d) \downarrow \text{ та } f(d) = g(d), \\ F, & \text{якщо } f(d) \downarrow \text{ та } g(d) \downarrow \text{ та } f(d) \neq g(d), \\ & \text{невизначене, якщо } f(d) \uparrow \text{ або } g(d) \uparrow. \end{cases}$$

$$\equiv(f, g)(d) = \begin{cases} T, & \text{якщо } (f(d) \downarrow, g(d) \downarrow \text{ та } f(d) = g(d)) \text{ або } (f(d) \uparrow \text{ та } g(d) \uparrow), \\ F, & \text{якщо } (f(d) \downarrow, g(d) \downarrow, f(d) \neq g(d)) \text{ або } (f(d) \downarrow, g(d) \uparrow) \text{ або } (f(d) \uparrow, g(d) \downarrow) \end{cases}$$

**Теорема 2.** Композиції  $\neg, \vee, R_{\bar{x}}^{\bar{v}}, S^{\bar{v}}, =$  зберігають еквітонність  $V$ -квазіарних функцій та предикатів.

Водночас композиція  $\equiv$  еквітонність не зберігає, а предикати  $\equiv_{xy}$  не є еквітонними.

Таким чином, на рівнях РНЛРС та БКНЛРС логіки еквітонних предикатів розглядати не можна.

Описано семантичні моделі та мови класів РНЛР, РНЛРС, БКНЛ, БКНЛР, БКНЛРС.

Досліджено властивості зазначених класів безкванторних логік як для випадку еквітонних, так і для загального випадку часткових квазіарних предикатів. Розглянуто властивості відношень логічного наслідку  $\models_{Cl}, \models_T, \models_F, \models_{TF}$  для пар та для множин формул. Такі властивості є семантичною основою побудови секвенційних числень для пропонуванних в доповіді логік.

## Література

1. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Математична логіка та теорія алгоритмів. – К., 2008. – 528 с.
2. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Прикладна логіка. – К., 2008. – 278 с.
3. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Композиційно-номінативні логіки квазіарних предикатів: семантичні аспекти // Вісник Київ. ун-ту. Серія: фіз.-мат. науки. – 2012. – 4. – С. 165–172.

## ПРОГНОЗУВАННЯ БУЛЬОВИХ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ

Прогнозування поведінки динамічних рядів залишається актуальною математичною та економічною задачею. В деяких випадках задачу прогнозування динамічного ряду можна звести до прогнозування поведінки відповідного булевого ряду, який вказує напрям (зростання, або спадання). Булевий динамічний ряд може також вказувати оцінку роботи алгоритму прогнозування.

В роботі [1] досліджуються умови, при яких по заданому відрізьку булевого ряду можна обчислити його наступні члени; в [2] розглядається прогнозування методами розпізнавання образів. В даній роботі пропонуються прогнозуючі алгоритми, які використовують статистичний аналіз підрядів булевого динамічного ряду.

Динамічний ряд – це числова послідовність  $z_1, z_2, \dots, z_i$ , яка визначена на деякому дискретному проміжку часу  $t_1, t_2, \dots, t_i$ ;  $z_1$  початкове значення динамічного ряду,  $z_i$  кінцеве. Динамічний ряд називається булевим, якщо  $z_i \in \{0,1\}$ . Динамічний ряд  $u_1, u_2, \dots, u_j$  називається підрядом динамічного ряду  $z_1, z_2, \dots, z_i$ , якщо  $\exists k \in \mathbb{N}$ , що  $z_k = u_1$ ;  $z_{k+1} = u_2$ ; ...;  $z_{k+j} = u_j$ .

Постановка задачі.

Побудувати алгоритм, який для динамічного ряду  $z_1, z_2, \dots, z_i$  буде знаходити прогнозовані значення  $\hat{z}_{i+1}, \hat{z}_{i+2}, \dots, \hat{z}_{i+l}$ . Символічно цю задачу будемо позначати:  $z_1, z_2, \dots, z_i \vdash \hat{z}_{i+1}, \hat{z}_{i+2}, \dots, \hat{z}_{i+l}$ .

Для розв'язку задачі  $z_1, z_2, \dots, z_i \vdash \hat{z}_{i+1}$  в ряді  $z_1, z_2, \dots, z_i$  знайдемо на першому кроці всі підряди  $z_i, 0$  та  $z_i, 1$ . Кількість перших послідовностей  $n_0^1$ , а других  $n_1^1$ . На другому підраховуємо кількість підрядів  $z_{i-1}, z_i, 0$  та  $z_{i-1}, z_i, 1$ , які позначаємо через  $n_0^2$  і  $n_1^2$ . Цей процес продовжуємо доки не знайдемо таке число  $m$ , що  $n_m^0 \neq 0$ , або  $n_m^1 \neq 0$ , а  $n_{m+1}^0 = 0$  і  $n_{m+1}^1 = 0$ .

Позначим через  $P(\hat{z}_{i+1} = a)$  ймовірність того, що  $\hat{z}_{i+1} = a$ ,  $a \in \{0,1\}$ . По отриманим числам  $n_0^1, n_1^1, \dots, n_0^m, n_1^m$  і  $n_0^1, n_1^1, \dots, n_0^m, n_1^m$ ,  $P(\hat{z}_{i+1} = a)$  можна знаходити по формулам:

$$(1) \quad P(\hat{z}_{i+1} = a) = \frac{n_a^k}{n_0^k + n_1^k}, \quad k = 1, 2, \dots, m$$

$$(2) \quad P(\hat{z}_{i+1} = a) = \frac{\sum_{k=1}^m n_a^k}{\sum_{k=1}^m (n_0^k + n_1^k)}$$

$$(3) \quad P(\hat{z}_{i+1} = a) = \prod_{k=1}^m \frac{n_a^k}{n_0^k + n_1^k}$$

$$(4) \quad P(\hat{z}_{i+1} = a) = \frac{\sum_{k=1}^m k \cdot n_0^k}{\sum_{k=1}^m k \cdot n_1^k} > 1 \quad \text{і т. д.}$$

Для розв'язку задачі  $z_1, z_2, \dots, z_i \vdash \hat{z}_{i+1}, \hat{z}_{i+2}$  можемо, або розв'язавши  $z_1, z_2, \dots, z_i \vdash \hat{z}_{i+1}$  вказаним способом перейти до задачі  $z_1, z_2, \dots, z_i, \hat{z}_{i+1} \vdash \hat{z}_{i+2}$ . Інший варіант полягає в обчисленні кількості підпослідовностей  $z_i 00 - n'_{00}$ ;  $z_i 01 - n'_{01}$ ;  $z_i 10 - n'_{10}$  та  $z_i 11 - n'_{11}$ . Знаходимо таке  $m$ , що  $n_m^{00} + n_m^{01} + n_m^{10} + n_m^{11} \neq 0$ , а  $n_{m+1}^{00} + n_{m+1}^{01} + n_{m+1}^{10} + n_{m+1}^{11} = 0$ .

По знайденим числам  $n_k^{00}; n_k^{01}; n_k^{10}; n_k^{11}$  обчислюється  $P(\hat{z}_{i+1} = a_1; \hat{z}_{i+2} = a_2)$ ;  $a_1, a_2 \in \{0,1\}$ .

Використовуючи аналоги формул (1) – (4), або використовуючи багаторівневі схеми прийняття рішень з адаптацією, або без неї.

## Література

1. Витенько И.В. О вычислимости свойств бесконечных последовательностей. Теория автоматов, алгоритмов и математическая логика. – Киев, 1974. с. 3-21.
2. Берзлев О.Ю., Кондрук Н.Е., Ніколенко В.В. Багаторівневі алгоритми прогнозування динамічних рядів. Праці IV-ї міжнародної школи – семінару “Теорія прийняття рішень”. Ужгород, УжНУ, 2008. с.15-16.

**Ніколенко В.В., Сіка Х.М.**  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»  
*chesterfield13x@yandex.ua*

### ПОТЕНЦІАЛИ ДИНАМІЧНИХ РЯДІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ «БІРЖОВИХ АЛГОРИТМІВ»

В роботі вивчаються потенціали динамічних рядів, які визначають максимальний теоретичний прибуток біржового алгоритму.[1] Прибуток біржового алгоритму  $A$  на динамічному ряді  $Z_n = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  який виконує операції покупки і продажу в знайдених точках динамічного ряду, визначається за допомогою коефіцієнта нагромадження:

$$K(A) = \frac{z_{j_1}, z_{j_2}, z_{j_3}, \dots, z_{j_k}}{z_{i_1}, z_{i_2}, z_{i_3}, \dots, z_{i_k}}$$

$z_{j_1}, z_{j_2}, \dots, z_{j_k}$  – ціни продажу,  $z_{i_1}, z_{i_2}, \dots, z_{i_k}$  – точки покупки.

Величина  $K(A)$  залежить від потенціалу  $P(Z)$  динамічного ряду, який знаходиться як відношення добутку всіх локальних максимумів до добутку всіх локальних мінімумів.

Відношення  $E(A) = \frac{K(A)}{P(Z)} * 100\%$  називається ефективністю біржового алгоритму  $A$  на ряді  $Z$ .

Алгоритм  $A_1$  є більш ефективним ніж  $A_2$ , якщо:

$$E(A_1) > E(A_2)$$

Нехай  $M(Z_n)$  множина всіх динамічних рядів, які складаються з  $n$  точок і  $\exists m: M \in R \quad \forall z \in Z_i \quad m \leq z_i \leq M$

Виберемо в  $M(Z_n)$  два ряди:

$$Z_{max} = \{mM, mM, \dots, mM\}$$

$$Z_{min} = \{a, a, \dots, a\}, a \in [mM]$$

Мають місце наступні теореми:

Теорема 1

$$P(Z_{max}) = \left(\frac{M}{m}\right)^{\frac{n}{2}}; P(Z_{min}) = 1; \forall Z \in m(Z_n)$$

Теорема 2

$$1 \leq P(Z) \leq \left(\frac{M}{m}\right)^{\frac{n}{2}}$$

Теорема 3

$$\forall a \quad a \in \left[1; \left(\frac{M}{m}\right)^{\frac{n}{2}}\right] \exists z \in m(Z_k), \text{ що } P(z) = a.$$

### Література

1. Берзлев О.Ю; Кондрук Н.Е; Ніколенко В.В. Багаторіневі алгоритми прогнозування динамічних рядів.//Праці IV-ї міжнародної школи – семінару//Теорія прийняття рішень. - 2008 - Ужгород, УжНУ. С. 15.

**ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОННОГО  
НАВЧАННЯ**

Стрімкий процес інформатизації суспільства супроводжується посиленням загроз втручання в роботу інформаційних систем у формі несанкціонованого допуску до інформації. У зв'язку з цим підвищується актуальність постійного вдосконалення систем захисту інформації на основі використання комплексного підходу, який об'єднує законодавчі, організаційні та програмно-технічні заходи [1].

Захист інформаційних ресурсів в системах електронного навчання повинен забезпечуватися впровадженням комплексу технічних, криптографічних, організаційних та інших заходів і засобів комплексної системи захисту інформації (далі – КСЗІ), спрямованих на недопущення блокування інформації, несанкціонованого ознайомлення з нею та/або її модифікації. Порядок створення та вимоги щодо КСЗІ в системах електронного навчання під час створення їх, експлуатації та модернізації визначаються: Законом України «Про захист інформації в комп'ютерних системах»; Положенням про технічний захист інформації в Україні, Положенням про порядок здійснення криптографічного захисту інформації в Україні, затвердженим нормативно-правовими актами та нормативними документами систем технічного та криптографічного захисту інформації [2].

В системі електронного навчання повинен забезпечуватися захист від несанкціонованого доступу до інформаційних ресурсів з боку мереж передачі даних, зокрема глобальних мереж. Технологія опрацювання інформації є захищеною, якщо вона містить програмно-технічні засоби захисту та організаційні заходи, які забезпечують виконання загальних вимог щодо захисту інформації. Загальні вимоги передбачають [3]: наявність переліку інформаційних ресурсів, які підлягають комп'ютерному опрацюванню; у разі необхідності можлива їх класифікація в межах категорії за цільовим призначенням, ступенем обмеження доступу окремих категорій користувачів та іншими класифікаційними ознаками; наявність визначеного (створеного) відповідального підрозділу, якому надано повноваження щодо організації і впровадження технології захисту інформації, контролю за станом захищеності інформації; створення комплексної системи захисту інформації (КСЗІ), яка являє собою сукупність організаційних та інженерно-технічних заходів, програмно-апаратних засобів, спрямованих на забезпечення захисту інформації під час функціонування системи електронного навчання; можливість визначення засобами комп'ютерної системи захисту інформації системи електронного навчання кількох ієрархічних рівнів повноважень користувачів та кількох класифікаційних рівнів інформації; обов'язковість реєстрації в системі електронного навчання усіх користувачів та їхніх дій щодо інформації; можливість надання користувачам тільки за умови службової необхідності санкціонованого та контрольованого доступу до інформаційних ресурсів, що опрацьовуються в системі; заборону несанкціонованої та неконтрольованої модифікації інформації в системі; заборону несанкціонованого копіювання, розмноження, поширення інформації в електронному вигляді; можливість здійснення однозначної ідентифікації та автентифікації кожного зареєстрованого користувача; забезпечення можливості своєчасного доступу зареєстрованих користувачів системи електронного навчання до інформаційних ресурсів.

**Література**

1. Романец Ю.В., Защита информации в компьютерных системах и сетях // Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф. // М.: Радио и связь, 2-е издание, 2001.-376 с.
2. <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/80/94-%D0%B2%D1%80>
3. <http://kiev-security.org.ua/> - Проблемы комплексной безопасности компьютерных систем

**УПРАВЛІННЯ ФІНАНСАМИ В АГЕНТНО-ОРІЄНТОВАНІЙ МОДЕЛІ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕКОНОМІКИ**

Останні кілька десятиліть показали, що однією з найактуальніших проблем органів державного управління є неспроможність традиційної економіки передбачити кризи та нездатність адекватно проаналізувати усі небезпечні наслідки реформування народного господарства. Питання прийняття оптимальних рішень відповідальними особами при уявленні про економіку як складну адаптивну систему, поведінка якої формується за рахунок множинних взаємодій агентів, що володіють різною поведінкою, здатністю до навчання та є гетерогенними за своєю природою, є предметом агентно-орієнтованого моделювання.

Агентно-орієнтоване моделювання економіки – це галузь міждисциплінарних досліджень, що включає поведінкову економіку, теорію мереж, імітаційне моделювання, теорію хаосу, а також ідеї, запозичені з фізики, когнітивної психології, біології та інших природничих та соціальних наук. За допомогою методів комп'ютерних наук розробники агентно-орієнтованих економічних моделей намагаються створити таку комп'ютерну симуляцію реального світу, в якій можна буде перевіряти наслідки різних сценаріїв дій та вибирати оптимальний напрям, прогнозувати розвиток економічних систем, аналізувати причинно-наслідкові зв'язки між змінними.

Отже, розглянемо агентно-орієнтовану модель, що призначена для відтворення основних принципів функціонування економіки. Вона містить три типи активних агентів: виробники сировини, виробники споживчих товарів та домогосподарства. Активні агенти взаємодіють між собою не прямо, а за допомогою спеціальних сутностей-посередників – ринку сировини, ринку товарів та ринку праці.

На кожній ітерації моделювання послідовно виконуються такі структурні блоки дій: взаємодія фірм та домогосподарств на ринку праці, виробництво сировини, взаємодія виробників сировини та виробників споживчих товарів на ринку сировини, виробництво споживчих товарів, ціноутворення, визначення бюджету споживання, взаємодія фірм та домогосподарств на ринку товарів, навчання фірм. Кожний структурний блок може бути реалізований різними способами в залежності від мети дослідження та незалежно від реалізації інших блоків.

Припускається, що для виробництва одиниці споживчого товару виробники потребують  $\beta$  одиниць сировини, яку виробляють фірми-виробники сировини. І споживчі товари, і сировина є гомогенними, тобто продукція різних виробників відрізняється виключно ціною. Вироблена продукція (сировина чи товари) постачається на відповідні централізовані ринки, де зацікавлені покупці можуть її придбати. Пропозиція продукції складається з ціни на одиницю продукції та відповідного обсягу продукції, виставленого на продаж.

Ринок праці характеризує попит на працю з боку фірм. Запит фірми на заповнення вакансії містить кількість працівників, які потрібно найняти, та пропоновану заробітну плату. Пошуком роботи на ринку праці займаються незайняті особи та незадоволені платнею зайняті працівники фірм. Зазначимо, що ринок праці є спільним для усіх фірм-виробників.

На даному етапі розробки моделі вважається, що виробнича функція агентів-фірм залежить лише від кількості працівників [3]. Проте виробники споживчих товарів не можуть виробляти товари, якщо вони не мають достатню кількість сировини. Таким чином, для виробників сировини виробнича функція має вигляд  $Y = \alpha L$ , де  $Y$  – обсяг виробництва,  $\alpha$  – фіксований коефіцієнт продуктивності праці,  $L$  – кількість працівників. А для виробників споживчих товарів, враховуючи сировинне обмеження, виробнича функція набуває вигляду  $Y = raw/\beta$ , де  $raw$  – обсяг закупленої сировини,  $\beta$  – потреба в сировині для виробництва одиниці продукції.

Ціна  $p$  на продукцію виробників визначається наступним співвідношенням [1]:

$$p = \frac{c}{1+1/\varepsilon},$$

де  $c$  – витрати на виробництво одиниці продукції,  $\varepsilon < -1$  – еластичність попиту на товар.

Домогосподарство, у свою чергу, визначає власний бюджет споживання, враховуючи історію отриманих середніх доходів, за формулою:

$$B_t = \begin{cases} \bar{I}, I_t \geq \bar{I} \\ \bar{I} - I_t, I_t < \bar{I} \end{cases},$$

де  $B_t$  – бюджет споживання,  $\bar{I} = \sum_{t=1}^T I_t / T$  – середній дохід домогосподарства,  $I_t$  – дохід домогосподарства в момент часу  $t$ , який представлений зарплатою у випадку зайнятості домогосподарства і допомогою по безробіттю в протилежному випадку.

На кожній ітерації фірми-виробники повинні прийняти рішення щодо розміру пропонованої заробітної плати і бажаної кількості працівників. В цій версії моделі це пропонується робити за допомогою визначення обсягів витрат на закупівлю сировини та на виплату заробітної плати як частки від прибутку [2]. Для фірм-виробників сировини фінансові активи витрачаються виключно на фонд заробітної плати:

$$money_{salary} = \begin{cases} 0,5\pi, (sold > 0) \wedge (\pi > 0) \\ 0,5|\pi|, (sold > 0) \\ 0,3 \cdot money \end{cases},$$

а для фірм-виробників споживчих товарів розподіл фінансів передбачає виділення коштів на виплату заробітної плати та на закупівлю сировини:

$$money_{salary} = \begin{cases} 0,3\pi, (sold > 0) \wedge (\pi > 0) \\ 0,3|\pi|, (sold > 0) \\ 0,2 \cdot money \end{cases}, \quad money_{raw} = \begin{cases} 0,3\pi, (sold > 0) \wedge (\pi > 0) \\ 0,3|\pi|, (sold > 0) \\ 0,2 \cdot money \end{cases},$$

де  $money_{salary}$  – фонд заробітної плати,  $money_{raw}$  – витрати на закупівлю сировини,  $\pi$  – прибуток від продажів,  $sold$  – обсяг продажів в одиницях продукції,  $money$  – наявні сукупні фінансові активи фірм.

Агентно-орієнтовані моделі відрізняються винятковою конструктивністю та гнучкістю. Фактично, вони дають змогу виявляти та досліджувати макрозалежності, що виникають з набору припущень на мікрорівні. Важливим елементом таких моделей є процес адаптації агентів. В роботі наведено короткий опис розробленої моделі функціонування економіки і представлено спосіб розподілу фінансових активів агентів-фірм.

### Література

1. Dawid H., Gemkow S., Harting P., Neugart M. On the effects of skill upgrading in the presence of spatial labor market frictions: An agent-based analysis of spatial policy design // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 2009. – N 12 (4).
2. Ballot G., Taymaz E. Technological change, learning and macro-economic coordination: An evolutionary mode // J. of Artificial Societies and Social Simulation. – 1999. – N 2(2). URL <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/2/2/3.html>
3. Гуляницький Л.Ф., Омелянчик Д.А. Разработка и исследование базовой агентно-ориентированной модели функционирования экономики // Компьютерная математика. – № 1. – 2014. – С. 26-36.

## ЕВОЛЮЦІЙНІ МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ З ОБМЕЖЕННЯМИ НА БАЗИ ШТРАФНИХ ФУНКЦІЙ

При розв'язанні задач з обмеженнями ключовою є проблема коректного вибору методу. В загальному випадку задача оптимізації з обмеженнями (задача умовної оптимізації) (constraint optimization problem) має таку формалізовану постановку [1]:

$$f(x) \rightarrow opt, \quad x \in F \subseteq S \subseteq R^N,$$

при обмеженнях

$$\begin{aligned} g_i(x) &\leq 0, \quad i = 1, \dots, n, \\ h_j(x) &= 0, \quad j = 1, \dots, p, \\ a(l) &\leq x_l \leq b(l), \quad 1 \leq l \leq t, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R^N$  – вектор-розв'язок, що належить  $N$ -вимірному евклідовому простору  $R^N$ ,  $F$  – область допустимих розв'язків,  $S$  – простір пошуку,  $f(x)$  – цільова функція,  $g_i(x)$  – обмеження-нерівності,  $h_j(x)$  – обмеження-рівності,  $a(l)$  – нижня границя області визначення змінної,  $b(l)$  – верхня границя області визначення змінної.

Різні аспекти класифікації методів оптимізації розглядалася в [1-3]. Розроблені зарубіжними вченими еволюційні методи умовної оптимізації ґрунтуються на п'яти підходах [4,5]:

- використання штрафних функцій;
- спеціальне подання параметрів та розробка відповідних операторів;
- регенерування;
- відокремлене опрацювання цільових функцій та обмежень;
- опрацювання кожного обмеження як об'єкту;
- поєднанні еволюційних алгоритмів з методами чисельної оптимізації.

Численні дослідження різних вчених свідчать про те, що спеціальні подання і оператори корисні у прикладних задачах, для яких вони були розроблені, але їх не можна пристосувати для розв'язання інших задач. Реалізація регенеруючих алгоритмів може виявитися складнішою розв'язання самої задачі. Найефективнішим способом відшукування оптимуму задачі з обмеженнями є використання адаптивних та проблемно-орієнтованих штрафних елементів.

У методах штрафних функцій передбачено перетворення задачі умовної оптимізації на еквівалентну задачу безумовної оптимізації введенням зовнішніх штрафних функцій виду:

$$\varphi(x) = f(x) \pm \left[ \sum_{i=1}^n r_i \times G_i + \sum_{j=1}^p c_j \times L_j \right], \quad (2)$$

де  $\varphi(x)$  – очікуване значення цільової функції, оптимум якої треба знайти,  $G_i$  – функції обмежень-нерівностей  $g_i(x)$ ,  $L_j$  – функції обмежень-рівностей  $h_j(x)$ ,  $r_i$  і  $c_j$  – додатні константи, які називаються штрафними коефіцієнтами.

Функції обмежень у вигляді нерівностей  $G_i$  і рівностей  $L_j$  обчислюються за формулами:

$$\begin{aligned} G_i &= \max[0, g_i(x)]^\beta, \\ L_j &= |h_j(x)|^\gamma, \end{aligned}$$

де  $\beta$  і  $\gamma$  найчастіше набувають значень 1 або 2.

Надання переваги зовнішнім штрафним функціям перед внутрішніми штрафними функціями, зумовлено тим, що вони не потребують оптимального вибору початкової точки пошуку. Відомо, що такі задачі є NP-складними.

Штрафні функції бувають статичними, динамічними, випалюючими, адаптивними, ко-еволюційними, сегрегаційними і летальними. Разом з тим, основною проблемою, що супроводжує використання штрафних функцій в методах оптимізації, є чутливість якості розв'язку до вибору окремих параметрів штрафних елементів, способи обчислення яких відомі не завжди.

Альтернативою таким штрафним функціям запропоновано використовувати підхід, головна ідея якого полягає у заміні обмежень виду  $g_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, n$ , множиною нечітких змінних  $C_1, \dots, C_m, k = 1, \dots, m$ :

$$\mu_{C_k}(x) = \mu_{\sigma(b_k, \varepsilon_k)}(g_k(x)), \quad k = 1, \dots, m, \quad (3)$$

де  $\varepsilon_k$  – додатне дійсне число, як визначає дозволена похибка порушення обмеження:

$$\mu_{\sigma(a,b,c,d)}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq b - a, \\ \frac{e^{x-b+a}}{2b}, & b - a < x \leq b, \\ \frac{1}{2}, & b < x \leq c, \\ \frac{e^{x-c}}{2c}, & c < x \leq d, \\ 0, & d + c < x. \end{cases} \quad (4)$$

Функція пристосованості обчислюється за формулою:

$$f(x) = f(x) \times \min(\mu_{C_1}(x), \dots, \mu_{C_m}(x)). \quad (5)$$

В доповіді наведено результати дослідження запропонованого методу обробки обмежень на основі повного простору пошуку можливих розв'язків. Розглянуто аспекти програмної реалізації технології. Виконано експериментальну верифікацію. Найкращі результати отримано у випадку застосування критерію максимальної кількості ітерацій, що зумовлено поліекстремальним характером цільової функції і, як наслідок, частим влучанням у локальні оптимуми. Проведені дослідження свідчать на користь запропонованої функції штрафів.

## Література

1. Субботін, С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень [Текст] : навчальний посібник / С. О. Субботін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – 341 с.
2. Weise, T. Global optimization algorithms – Theory and application [Electronic resource] / T. Weise. – Available at : \www/ URL: <http://it-weise.de/projects/book.pdf/> – 26.06.2009 р. – Title on a display.
3. Brownlee, J. Clever algorithms: Nature-inspired programming recipes [Text] / J. Brownlee. – Melbourne : LuLu, 2011. – 436 p.
4. Kramer, O. A review of constraint-handling techniques for evolution strategies [Text] / O. Kramer // Applied computational Intelligence and Soft Computing. – Vol. 2010. – 2010. – 11 p.
5. Coello Coello, C. A. Theoretical and numerical constraint-handling techniques used with evolutionary algorithms: A survey of the state of the art [Text] / C. A. Coello Coello // Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. – Vol. 191, № 11-12. – 2002. – P. 1245-1287.



## ТОЧНІСТЬ МОДЕЛЮВАННЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО ВІНЕРІВСЬКОГО ПРОЦЕСУ

Статистичні моделі вінерівських процесів використовуються в багатьох прикладних задачах, наприклад, при обчисленні інтегралів за вінерівськими процесами, при чисельному розв'язанні стохастичних диференціальних рівнянь, в задачах актуарної математики. В задачах статистичного моделювання для оцінювання точності моделювання, як правило, використовуються оцінки моментів, оцінки слабкої збіжності розподілів та оцінки точності і надійності в функціональних просторах. В якості моделі розглядаються спектральні зображення випадкових процесів у вигляді випадкових рядів. В даній роботі досліджується точність і надійність моделювання вінерівського процесу та узагальненого строго субгауссівського вінерівського процесу в нормі простору  $L_2([0,1])$ , що є продовженням досліджень розпочатих в роботах [1-2].

**Означення 1.** Узагальненим вінерівським процесом (дробовим броунівським рухом) з індексом Хюрста  $\alpha \in (0,1)$  називається гауссівський процес  $W_\alpha(t), t \in [0,1]$  такий що  $W_\alpha(0) = 0$ ,  $EW_\alpha(t) = 0$  та кореляційною функцією  $R_\alpha(t,s) = \frac{1}{2}(|t|^{2\alpha} + |s|^{2\alpha} - |t-s|^{2\alpha})$ . При  $\alpha = \frac{1}{2}$  маємо стандартний вінерівський процес.

Вінерівський процес можна представити у вигляді випадкового ряду, так, розклад за власними функціями кореляційного оператора броунівського мосту має вигляд [3]

$\xi_1(t) = t\eta_0 + \sqrt{2} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\sin(i\pi t)}{i\pi} \eta_i$ , де  $\{\eta_0, \eta_1, \eta_2, \dots\}$  - незалежні стандартні гауссові випадкові величини,

$\lambda_i = i\pi$  - власні числа кореляційного оператора. Розклад у ряд Фур'є на  $t \in [0,1]$  має вигляд

$\xi_2(t) = t\eta_0 + \sqrt{2} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \eta_{1i} \frac{\sin(2\pi i t)}{2\pi i} + \eta_{2i} \frac{1 - \cos(2\pi i t)}{2\pi i} \right)$ , де  $\{\eta_{1i}, \eta_{2i}\}$  - незалежні стандартні гауссові

випадкові величини.

**Теорема 1.** Модель  $S_1(t, M)$  (аналогічно і для  $S_2(t, M)$ ) наближає процес  $\xi_1(t)$  з точністю  $\delta > 0$  та надійністю  $1 - \varepsilon$ ,  $0 < \varepsilon < 1$  в  $L_2([0,1])$ , якщо виконуються нерівності

$$\delta^2 > J1_{M+1} \quad \text{та} \quad \exp\left\{\frac{1}{2}\right\} \frac{\delta}{\sqrt{J1_{M+1}}} \exp\left\{-\frac{\delta^2}{2J1_{M+1}}\right\} \leq \varepsilon,$$

або

$$\delta^2 > J1_{M+1} \quad \text{та} \quad \left(\frac{\delta^2 - J1_{M+1}}{J2_{M+1}} + 1\right)^{\frac{1}{2}} \exp\left\{-\frac{\delta^2 - J1_{M+1}}{2J2_{M+1}}\right\} \leq \varepsilon,$$

де  $J1_{M+1} = \sum_{i=M+1}^{\infty} \lambda_i^{-2}$  і  $J2_{M+1} = \left(\sum_{i=M+1}^{\infty} \lambda_i^{-4}\right)^{\frac{1}{2}}$ .

Вінерівський процес з довільним індексом Хюрста можна представити у вигляді ряду  $W_\alpha(t) = \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \sin(x_k t) X_k + b_k (1 - \cos(y_k t)) Y_k)$ , де  $\{X_k, Y_k\}$  - незалежні стандартні гауссівські випадкові величини,  $\{x_k\}$  - дійсні нулі функції Бесселя  $J_{-\alpha}(x)$ ,  $\{y_k\}$  - дійсні нулі функції Бесселя

$$J_{1-\alpha}(x), \quad a_k = \frac{\pi^\alpha \sqrt{2C}}{x_k^{\alpha+1} J_{1-\alpha}(x_k)}, \quad b_k = \frac{\pi^\alpha \sqrt{2C}}{y_k^{\alpha+1} J_{-\alpha}(y_k)}, \quad C = \frac{\Gamma(2\alpha+1) \sin(\pi\alpha)}{\pi^{2\alpha+1}} [4].$$

Нехай випадкові величини  $\{X_k, Y_k\}$ - незалежні строго субгауссові випадкові величини.

$$\text{Розглянемо } \sum_{k=1}^{\infty} (a_k^2 (\sin(x_k t))^2 + b_k^2 (1 - \cos(y_k t))^2) \leq \sum_{k=1}^{\infty} (a_k^2 + 4b_k^2).$$

Оскільки  $\sum_{k=1}^{\infty} (a_k^2 + 4b_k^2) \approx (\Gamma(2\alpha + 1) \sin(\pi\alpha)) \sum_{k=1}^{\infty} \left( \frac{1}{x_n^{2\alpha+1}} + \frac{4}{y_n^{2\alpha+1}} \right) < \infty$ , то випадковий процес

$W_\alpha(t)$ , коли  $\{X_k, Y_k\}$ - незалежні строго субгауссові випадкові величини, буде строго субгауссівським випадковим процесом. В якості моделі розглянемо ряд

$$S_\alpha(t, M) = \sum_{k=1}^M (a_k \sin(x_k t) X_k + b_k (1 - \cos(y_k t)) Y_k),$$

де  $\{X_k, Y_k\}$ - незалежні строго субгауссові випадкові величини. Оскільки нулі функції Бесселя точно знайти не можемо, то будемо знаходити їх з деякою точністю

$$x_n = \left( n + \frac{3}{4} - \frac{\alpha}{2} \right) \pi - \frac{4\alpha^2 - 1}{2\pi(4n + 3 - 2\alpha)} + \dots$$

$$y_n = \left( n + \frac{5}{4} - \frac{\alpha}{2} \right) \pi - \frac{4(1-\alpha)^2 - 1}{2\pi(4n + 1 + 2\alpha)} + \dots$$

Позначимо наближені значення  $a_k, b_k, x_k, y_k$  відповідно  $\tilde{a}_k, \tilde{b}_k, \tilde{x}_k, \tilde{y}_k$ . Нехай  $|a_k - \tilde{a}_k| \leq h_k^a$ ,  $|b_k - \tilde{b}_k| \leq h_k^b$ ,  $|x_k - \tilde{x}_k| \leq h_k^x$ ,  $|y_k - \tilde{y}_k| \leq h_k^y$ , де  $h_k^a, h_k^b, h_k^x, h_k^y$  точність обчислення. Похибки будемо вважати відомими.

Тоді модель процесу має вигляд  $\tilde{S}_\alpha(t, M) = \sum_{k=1}^M (\tilde{a}_k \sin(\tilde{x}_k t) X_k + \tilde{b}_k (1 - \cos(\tilde{y}_k t)) Y_k)$ . А похибка

моделювання  $\Delta(t)$  буде рівною  $\Delta(t) = W_\alpha(t) - \tilde{S}_\alpha(t, M)$ .

**Теорема 2.** Модель  $\tilde{S}_\alpha(t, M)$  наближає процес  $W_\alpha(t)$  з точністю  $\delta > 0$  та надійністю  $1 - \varepsilon$ ,  $0 < \varepsilon < 1$  в нормі простору  $L_2([0, 1])$ , якщо виконуються нерівності

$$\delta^2 > B_M \quad \text{та} \quad \exp\left\{ \frac{1}{2} \right\} \frac{\delta}{\sqrt{B_M}} \exp\left\{ -\frac{\delta^2}{2B_M} \right\} \leq \varepsilon,$$

$$\text{де } B_M = \sum_{k=M+1}^{\infty} (a_k^2 + 4b_k^2) + \sum_{k=1}^M \left( (a_k h_k^x + h_k^a)^2 + (b_k h_k^y + 2h_k^b)^2 \right).$$

При побудові моделей необхідно для заданих точності і надійності та точності обчислення коренів Бесселевих функцій оцінити кількість доданків в моделі.

Реалізації, що отримані під час моделювання, вказують на те, що при  $\alpha \rightarrow 0$  процес наближається до білого шуму, а при  $\alpha \rightarrow 1$  вироджується в пряму лінію.

## Література

1. Козаченко Ю.В. Точність моделювання випадкових процесів в нормах просторів Орліча. I / Ю.В. Козаченко, А.О. Пашко // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1998, 58. - С.75-90.
2. Козаченко Ю.В. Точність моделювання випадкових процесів в нормах просторів Орліча. II / Ю.В. Козаченко, А.О. Пашко // Теорія ймовірностей та математична статистика. – 1998, 59. - С.45-60.
3. Гихман И.И. Введение в теорию случайных процессов / И.И. Гихман, А.В. Скороход. – Москва: Наука, 1977. – 570 с.
4. Dzharidze K.O. A series expansion of fractional Brownian motion / K.O. Dzharidze, J.H. Zanten // CWI. Probability, Networks and Algorithms, R0216.

**Петров К.Э., Яковлева И.А.**

Харьковский национальный университет внутренних дел

kept@mail.ru, yakovleva\_irine@mail.ru

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНОГОФАКТОРНОГО ОЦЕНИВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВ**

Умение принимать эффективные решения в значительной степени влияет на успешность деятельности человека. Поэтому одним из ключевых этапов общей проблемы принятия решений является формирование оценок альтернативных вариантов решений, которые позволяют сравнивать их между собой по "качеству" (задача многофакторного оценивания).

Для решения этой задачи обычно используют подход, который состоит в формировании обобщенной скалярной оценки для каждой из альтернатив, учитывающей все ее разнородные частные характеристики (факторы). Основные трудности, которые возникают при реализации данного подхода связаны со структурной и параметрической идентификацией модели формирования такой обобщенной оценки.

Процесс многофакторного оценивания является интеллектуальной персонифицированной процедурой, так как носителями информации, необходимой для синтеза и идентификации его математической модели являются специалисты (эксперты, лица принимающие решения), а способом ее получения – методология экспертного оценивания. Хорошо известны недостатки и ограниченные возможности этой методологии.

В докладе предлагается альтернативный подход к решению проблемы структурно-параметрической идентификации модели многофакторного оценивания основанной на идеях компараторной идентификации [1].

Основная идея этого подхода состоит в следующем. Лицо, принимающее решение проводит анализ предлагаемого ему множества альтернатив  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  и выделяет из него лучшую  $x^0 \in X$  или устанавливает на множестве  $X$  отношение строгого или нестрогого порядка, например  $x_1 \succ x_2 \succ \dots \succ x_n$ . Согласно основным постулатам теории полезности [2] в первом случае получаем  $P(x^0) > P(x_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$ , а во втором –  $P(x_1) > P(x_2) > \dots > P(x_n)$ , где  $P(x_i)$  – скалярная многофакторная оценка альтернативы  $x_i \in X$ . Эта информация может быть формализована в виде системы, состоящей из  $(n-1)$  алгебраических неравенств, на основе которой решается задача структурно-параметрической идентификации модели оценивания  $P(x_i) = G[A, K(x_i)]$ , где  $K(x_i)$  – кортеж частных характеристик альтернативы  $x_i \in X$ ;  $A$  – кортеж неизвестных параметров модели, которые учитывают взаимную важность ("вес") частных характеристик. Идентификация структуры  $P(x_i)$  осуществляется в классе полиномов Колмогорова-Габора. При этом задача не имеет единственного решения (некорректна по Адамару) и поэтому необходима ее регуляризация. В результате решения задачи определяется структура минимальной сложности и параметры модели оценивания  $P(x_i)$  [1].

В докладе рассмотрены теоретическое обоснование методологии и инструментальные средства ее реализации. Методология доведена до практической реализации. Корректность ее применения иллюстрируется решением ряда прикладных задач.

### **Литература**

1. Петров Э., Петров К. Компараторная идентификация моделей многофакторного оценивания. – Saarbrucken, Germany: Palmarium Academic Publishing, 2013. – 224 с.
2. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. – М.: Наука, 1978. – 352 с.

Пецько В.І., Міца О.В.

Ужгородський національний університет

e-mail: [petsko.vi@gmail.com](mailto:petsko.vi@gmail.com), [amitsa@i.ua](mailto:amitsa@i.ua)

## ПРОЕКТУВАННЯ ЧОТИРИШАРОВИХ ПРОСВІТЛЯЮЧИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ПАДІННІ СВІТЛА ПІД КУТОМ $45^\circ$

Синтез багатошарових оптичних систем за останні роки набув чималого розвитку, успіхи цих досліджень впливають як на розвиток оптики, так і інших галузей науки та техніки. Оптичні багатошарові покриття використовуються в оптичних системах космічної техніки, оптичному приладобудуванні, інтегральній оптиці, рентгенівській та нейтронній спектроскопії, електродинаміці відкритих систем, при створенні генераторів і перетворювачів електромагнітного та інших випромінювань, в апаратурі контролю забруднення навколишнього середовища і т.д. Особливий інтерес викликають просвітлюючі оптичні покриття, зроблені з невеликого числа шарів [1].

Для розрахунку спектральних характеристик оптичних чотиришарових покриттів використаємо матричний метод [2]. Цільову функцію багатошарового покриття представимо у вигляді:

$$\Omega(\lambda_2 / \lambda_1) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} F(\bar{n}, \bar{d}) = \max_{\bar{n}, \bar{d}} \left( \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L T^2(\bar{n}, \bar{d}, \lambda_{(i)}) \right)^{1/2}, \quad (1)$$

де  $T$  – коефіцієнт пропускання, залежний від вектора значень показників заломлення  $\bar{n} = (n_1, n_2, \dots, n_{k-1}, n_k)$ , вектора значень геометричної товщини  $\bar{d} = (d_1, d_2, \dots, d_{k-1}, d_k)$  та довжини хвилі  $\lambda$ ,  $L$  – число точок сітки спектрального інтервала від  $\lambda_1$  до  $\lambda_2$ , при рівномірному його розподілі з кроком  $\Delta\lambda$ :

$$L = \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{\Delta\lambda} + 1.$$

Оптимізуємо параметри чотиришарового покриття на спектральному інтервалі 200-800 нм ( $\lambda_1 = 200$  нм,  $\lambda_2 = 800$  нм) при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$ . В якості підкладки візьмемо скло з показником заломлення  $n = 1,51$ . За допомогою R-алгоритму спочатку знаходимо оптимальні параметри функціоналу (1), а далі підбираємо показники заломлення реальних матеріалів, які найближче до отриманих теоретичних результатів. Після цього фіксуємо показники заломлення і оптимізуємо товщини шарів.

Для s-поляризації при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$  візьмемо наступні матеріали: для першого шару візьмемо MgO з показником заломлення  $n_1 = 1.73$ , для другого HfO<sub>2</sub> з показником  $n_2 = 1.98$ , третього Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> з показником  $n_3 = 1.67$ , четвертого Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> з показником  $n_4 = 1.35$ . В результаті оптимізації отримаємо: товщина першого –  $d_1 = 54.152$ , другого –  $d_2 = 89.910$ , третього –  $d_3 = 51.046$ , четвертого –  $d_4 = 77.117$ . Значення цільової функції 0.9707466. Графік коефіцієнта пропускання показано на рис. 1. Причому при  $\lambda = 647$  нм отримаємо максимум коефіцієнта пропускання  $T_{\max} = 0,9943615$ , а при  $\lambda = 200$  отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання  $T_{\min} = 0,8239897$ .

Для р-поляризації при падінні світла під кутом  $\theta_0 = 45^\circ$  була спроектована наступна оптична структура. Для першого шару взято PbTe з показником заломлення  $n_1 = 1.57$  товщиною  $d_1 = 56.833$ , для другого  $\text{Al}_2\text{O}_3$  з показником  $n_2 = 1.64$  товщиною  $d_2 = 118.066$ , третього скло з показником  $n_3 = 1.51$  товщиною  $d_3 = 59.124$ , четвертого  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$  з показником  $n_4 = 1.35$  товщиною  $d_4 = 75.541$ . Значення цільової функції 0,9984535. Причому при  $\lambda = 626$  нм отримаємо максимум коефіцієнта пропускання  $T_{\max} = 0,9996884$ , а при  $\lambda = 200$  отримаємо мінімум коефіцієнта пропускання  $T_{\min} = 0,9885871$ .

З рис. 1. видно, що на всьому досліджуваному спектральному інтервалі для s-поляризації для кута  $\theta_0 = 45^\circ$  значення коефіцієнта пропускання менше ніж для р-поляризації. Отримані чотиришарові оптичні покриття можна реалізувати і використовувати на практиці.

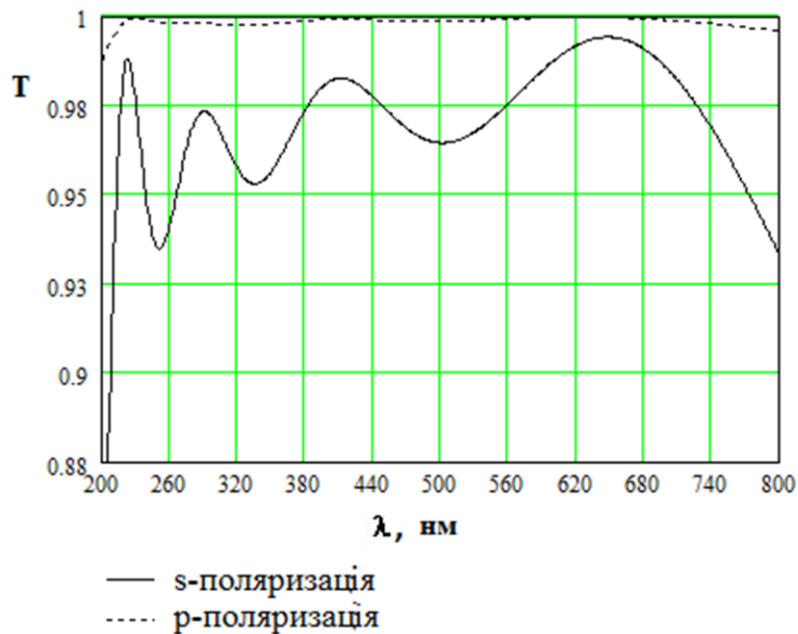


Рис. 1. Криві коефіцієнтів пропускання для s-поляризації і р-поляризації для кута  $\theta_0 = 45^\circ$

### Література

1. Яковлев П.П. Проектирование интерференционных покрытий / П.П Яковлев, Б.Б. Мешков – М.: Машиностроение, 1987.– 192 с.
2. Furman Sh.. Basics of optics of multilayer systems / Sh.Furman., A.V. Tikhonravov – Editions Frontiers, Gif-sur Yvette, 1992. – 242 p.
3. Шор Н.З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. – Киев: Наукова думка, 1979. – 199с.

**НОВЫЕ СВОЙСТВА ОБЩЕГО МНОЖЕСТВА РАЗМЕЩЕНИЙ  $E_{\eta_k}^2(G)$** 

Представим новые свойства  $E_{\eta_k}^n(G)$ , которые дополняют исследования данного множества, приведенные в монографиях [1-2]. Пусть:

- $G$  - мультимножество с основой  $S(G) = \{e_1, \dots, e_k\}$ , ( $e_i < e_{i+1}$ ,  $i \in J_{k-1}$ ) и первичной спецификацией  $[G] = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_k)$ ,  $\sum_{i=1}^k \eta_i = \eta$  ( $J_n = \{1, \dots, n\}$ );
- $E_{\eta_k}^n(G)$  - общее множество  $n$ -размещений из  $G$  ( $\eta > n$ );
- $A_{\eta_k}^n(G) \subset R^n$  - образ  $E_{\eta_k}^n(G)$  в  $R^n$ ;
- $P_{\eta_k}^n(G) = \text{conv}(E_{\eta_k}^n(G))$  - общий многогранник  $n$ -размещений из  $G$ .

Сформулируем теорему, которая обобщает результат, приведенный в [2], и учитывает все частные случаи  $E_{\eta_k}^n(G)$ .

**Теорема 1.** Многогранник  $P_{\eta_k}^n(G)$  описывается следующей неизбыточной системой ограничений:

$$\sum_{i \in \omega} x_i \geq \sum_{j=1}^{|\omega|} g_j, \quad \omega \in J_n \setminus \Gamma^s, \quad \text{где } \Gamma^s = \Gamma_1^s \cup \Gamma_2^s, \quad \Gamma_1^s = J_{\eta_1} \setminus \{1\}, \quad \Gamma_2^s = J_{n-1} \setminus J_{n-\eta_k-1}, \quad (1)$$

$$\sum_{i \in \omega} x_i \leq \sum_{j=1}^{|\omega|} g_{\eta-j+1}, \quad \omega \in J_n \setminus \Gamma^c, \quad \text{где } \Gamma^c = \Gamma_1^c \cup \Gamma_2^c, \quad \Gamma_1^c = J_{\eta_k} \setminus \{1\}, \quad \Gamma_2^c = J_{n-1} \setminus J_{n-\eta_1-1}. \quad (2)$$

**Следствие.** В неизбыточную систему многогранника  $P_{\eta_k}^n(G)$  могут входить лишь ограничения 1-ой и  $n$ -ой совокупностей (1)-(2).

Таким образом в систему (1)-(2) может входить до  $2^{n+1} - 2$  ограничений, но рассматриваемому же нами классу  $P_{\eta_k}^n(G)$  соответствует линейная зависимость числа ограничений от размерности.

Классификация  $P_{\eta_k}^n(G)$  в зависимости от  $\eta_1, \eta_2$  (пусть  $f$  - число гиперграней  $P_{\eta_k}^n(G)$ ):

1. Гиперкуб ( $f = 2n$ ) -  $(\eta_1, \eta_2) = (n, n) - \bar{e}_1 \leq x \leq \bar{e}_2$ ,

2. Срезанный гиперкуб:

а. Симплексный многогранник ( $f = n + 1$ ):

i.  $(\eta_1, \eta_2) = (n, 1) - x \geq \bar{e}_1, \sum_{i=1}^n x_i \leq (n-1) \cdot e_1 + e_2$ ;

ii.  $(\eta_1, \eta_2) = (1, n) - x \leq \bar{e}_2, \sum_{i=1}^n x_i \geq e_1 + (n-1) \cdot e_1$ ;

б. Гиперкуб со срезанным углом ( $f = 2n + 1$ ):

i.  $(\eta_1, \eta_2) = (n, \eta_2), 1 < \eta_2 < n - \bar{e}_1 \leq x \leq \bar{e}_2, \sum_{i=1}^n x_i \leq (n - \eta_2) \cdot e_1 + \eta_2 \cdot e_2$ ;

ii.  $(\eta_1, \eta_2) = (\eta_1, n), 1 < \eta_1 < n - \bar{e}_1 \leq x \leq \bar{e}_2, \sum_{i=1}^n x_i \geq \eta_1 \cdot e_1 + (n - \eta_1) \cdot e_2$ ;

с. Гиперкуб со срезанными углами ( $f = 2n + 2$ ):

$$(\eta_1, \eta_2), 1 < \eta_1, \eta_2 < n - \bar{e}_1 \leq x \leq \bar{e}_2, \eta_1 \cdot e_1 + (n - \eta_1) \cdot e_2 \leq \sum_{i=1}^n x_i \leq (n - \eta_2) \cdot e_1 + \eta_2 \cdot e_2.$$

**Определение.** Множество соотношений

$$f_j(x) = 0, j \in J_m, \text{ (строгая часть НП)}, \quad (3)$$

$$f_{j+m'}(x) \leq 0, j \in J_{m'} \text{ (нестрогая часть НП)} \quad (4)$$

называется непрерывным представлением (НП)  $E$ , если

а)  $f_j(x), j \in J_m$  - непрерывные  $m = m' + m''$ ;

б)  $x \in E \Leftrightarrow x$  удовлетворяет (3)-(4).

Частным случаем  $E_{\eta_2}^n(G)$  являются множество размещений  $\bar{E}_2^n(G)$  из двух элементов, в свою очередь частными случаями  $\bar{E}_2^n(G)$  являются множества:

$$B_n = \{x \in \mathbb{R}^n : x \in \{0,1\}^n\}, B'_n = \{x \in \mathbb{R}^n : x \in \{\pm 1\}^n\},$$

для которых некоторые НП известны, в частности,

$$B_n = \{x \in \mathbb{R}^n : x_i \cdot (x_i - 1) = 0, i \in J_n\}, B'_n = \{x \in \mathbb{R}^n : x_i^2 = 1, i \in J_n\}. \quad (5)$$

Обобщением (5) для  $\bar{E}_2^n(G)$  является выпуклое квадратичное НП:

$$\bar{E}_2^n(G) = \{x \in \mathbb{R}^n : (x_i - e_1) \cdot (x_i - e_2) = 0, i \in J_n\}. \quad (6)$$

**Теорема 2.** НП  $\bar{E}_2^n(G)$  служит система:

$$\sum_{i=1}^n (x_i - a)^2 = \Delta^2, \sum_{i=1}^n (x_i - a)^4 = \Delta^4, a = \frac{e_1 + e_2}{2}, \Delta = \frac{e_2 - e_1}{2}. \quad (7)$$

Искомое НП  $E_{\eta_2}^n(G)$  формируем из (7), добавляя не более двух линейных ограничений.

Классификация избыточных НП (ННП)  $E_{\eta_2}^n(G)$  в зависимости от  $\eta_1, \eta_2$ . Пусть

$$f'(x) = \sum_{i=1}^n x_i - (n - \eta_2) \cdot e_1 + \eta_2 \cdot e_2, f''(x) = -\sum_{i=1}^n x_i + \eta_1 \cdot e_1 + (n - \eta_1) \cdot e_2.$$

**Теорема 3.** Избыточное НП  $E = E_{\eta_2}^n(G)$ :

а. строгое  $\Leftrightarrow E = \bar{E}_2^n(G)$  и имеет вид (7) (т.е.  $m'' = 0$  ( $m=2$ )),

б. иначе нестрогое вида (4), (7), где:

i.  $m'' = 1$  ( $m=3$ ), если:

- $\eta_2 < n - f_{m+1} = f'(x)$ ;
- $\eta_1 < n - f_{m+2} = f''(x)$ ;

ii.  $m'' = 2$  ( $m=4$ )  $\eta_1, \eta_2 < n - f_{m+1} = f'(x), f_{m+2} = f''(x)$ .

**Замечание.** Вместо строгой части НП (7) ( $m' = 2$ ) можно использовать (6) с  $m' = n$ .

**Вывод.** Представлено два выпуклых избыточных непрерывных представления множества размещений  $E_{\eta_2}^n(G)$ , которые могут использоваться при решении комбинаторных задач методами непрерывной оптимизации со штрафной функцией, построенной на основе теоремы 3:

$$\Phi(x, \lambda) = \lambda \cdot \left( \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^n (x_i - a)^{2j} + \sum_{j=3}^4 (\max(0, f_j(x)))^2 \right), \lambda > 0.$$

## Литература

1. Элементы теории геометрического проектирования/Яковлев С.В., Гиль Н.И., Комяк В.М., Новожилова М.В., Романова Т.Е., Смеляков С.В. и др. / Под ред. В.Л. Рвачева - К.: Наук. думка, 1995. - 241 с.
2. Ємець О.О., Роскладка О.В. Задачі оптимізації на полікомбінаторних множинах: властивості та розв'язування: Монографія. – Полтава: РВЦ ПУСКУ, 2006. – 129 с.

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕЦЕДЕНТНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ПОВЕДІНКИ СТУДЕНТА В АДАПТИВНІЙ СИСТЕМІ ПЕРЕДАЧІ ЗНАНЬ

Сучасні навчальні системи, що побудовані на основі передових інформаційних технологій, істотно змінюють традиційні способи подачі, обробки та аналізу інформації.

Відповідно до загальної структури розробленої навчальної системи, під час адаптивного навчання відбувається взаємодія декількох модулів, починаючи від навчального, в якому відбувається видача студенту на опрацювання деякої порції теоретичного матеріалу і завершуючи адаптивним, який, використовуючи результати тестування, сформовані студентським модулем, вибудовує подальшу траєкторію руху студента.

В основі побудови адаптивного модуля лежить метод виведення по прецедентах. При цьому під поняттям «прецедент» розуміють «опис проблеми або ситуації в сукупності із детальним вказанням дій, що виконують в даній ситуації або для вирішення даної проблеми» [1]. Суть методу полягає в тому, що під час навчання нового студента використовуються знання про ситуації чи випадки (прецеденти), які виникали раніше. Подібні прецеденти використовуються в якості шаблонів для побудови подальшого сценарію продовження навчання.

Пошук необхідного прецедента та подальша його активація відбувається в системі за допомогою використання апарату математичної логіки та функцій булевої алгебри.

Математично даний метод дозволяє проаналізувати функціональні залежності між вхідними та вихідними параметрами навчальної системи, в результаті чого відбувається адаптація системи до поточного рівня навченості студента.

Вхідні параметри представлені сукупністю прецедентів, що накопичені як за рахунок змодельованих випадків, так і випадками з практики навчальної поведінки студентів. Дана сукупність утворює так звану «базу прецедентів».

Вихідні параметри формуються на основі інформації з багатопараметричної моделі студента, яка включає як психофізіологічні характеристики студента, так і параметри, що відображають поточний рівень його знань. При цьому модель студента формується на основі:

- попереднього психофізіологічного тестування;
- визначення початкового рівня знань студента з навчального курсу, що вивчається;
- поточних тестувань з метою визначення рівня навченості студента.

У випадку появи невідомої навчальної ситуації поведінки студента у системі відбувається пошук подібного прецедента, який використовується в якості аналога з метою його адаптації до поточного випадку. Після того, як нова ситуація буде опрацьована, вона вноситься в базу прецедентів разом зі своїм вирішенням з метою можливого подальшого використання.

Система, побудована за таким принципом, є самонавчальною: чим більше прецедентів міститься в базі, тим ширший спектр їхніх можливих значень, тим вища ймовірність знайти «найбільш потрібний» прецедент, отже, вища якість прийнятого рішення.

При цьому продовження навчального процесу можливе по одному із режимів: навчання, донавчання, перенавчання [2], кожен з яких представлений множиною прецедентів, які дозволяють індивідуалізувати та диференціювати процес навчання.

На рис. 1 представлена загальна структурна схема управління процесом отримання нових знань студентом. На початковому етапі студенту надається навчальний матеріал, що відповідає попередньому рівню розуміння теми, що вивчається. В подальшому адаптивний модуль вносить корективи в формування контенту навчальної інформації в залежності від поточних результатів перевірки отриманих знань. В результаті цього на вхід адаптивної програми поступає нова порція навчальної інформації.



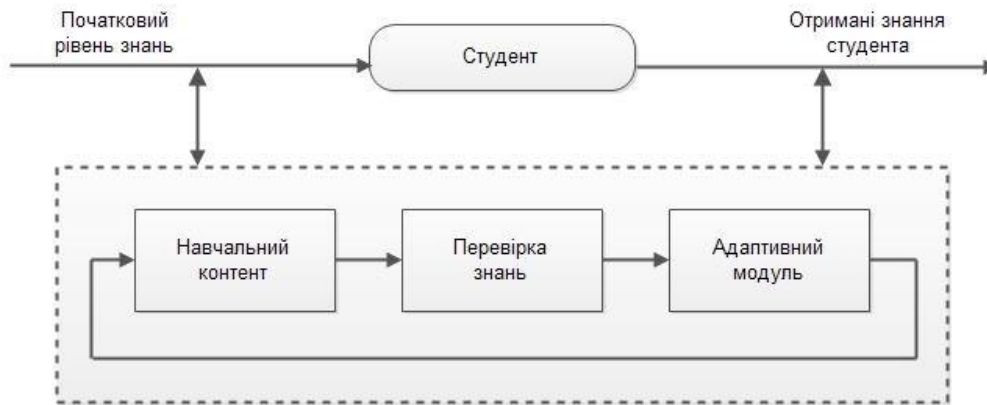


Рис. 3.1. Структурна схема управління навчальним процесом

Адаптивний модуль виконує функції, пов'язані з отриманням, обробкою, аналізом результатів тестування та прийняттям рішення про внесення коректив в організацію навчального процесу. Роль такого пристрою в системі відіграють спеціальні програмні засоби, організовані у вигляді блоку прийняття рішень.

При успішному вивченні матеріалу здійснюється перехід до наступної навчальної теми курсу. Якщо ж матеріал вивчений не повністю, то за результатами тестування система прийняття рішень формує навчальний контент поточної теми для повторного чи поглибленого вивчення з метою усунення прогалин у знаннях студента.

Блок прийняття рішення, в якості засобу адаптивного управління використовує оверлейну модель студента, представлену множиною параметрів  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ .

Кожен з параметрів  $p_i$  відображає кількісний чи якісний показник (загальний рівень знань, ступінь засвоєння, швидкість сприйняття інформації, глибина знань) оцінки поточного рівня засвоєних вмінь та навичок студента.

Рішення щодо вибору режиму навчання система приймає на основі аналізу вектора  $P\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  та матриці уроку  $W$ , яка представляє множину прецедентів всеможливих траєкторій продовження навчального процесу. При цьому вирішується складна багатокритеріальна задача вибору найкращої альтернативи для досягнення навчального ефекту вивчення курсу.

Описаний підхід дозволяє інтегрувати знання, що представлені в предметній області в механізм синтезу рішення щодо можливого напрямку продовження навчання.

Така програмна організація навчального процесу дозволяє проводити якісне та швидке управління навчальною поведінкою студентів, не порушуючи при цьому класичного підходу, що ґрунтується на системному аналізі прийняття рішень.

## Література

1. Карпов Л. Е. Адаптивное управление по прецедентам, основанное на классификации состояний управляемых объектов // Л. Е. Карпов, В. Н. Юдин / Труды Института системного программирования РАН, Москва: ИСП РАН, 2007. – С. 135 – 155.
2. Федорук П. І. Інтелектуальний механізм побудови індивідуальної навчальної траєкторії в адаптивних системах дистанційного навчання // П. І. Федорук, М. В. Пікуляк, М. С. Дутчак / Штучний інтелект. Науково-теоретичний журнал. – ІПШІ МОН і НАН України «Наука і освіта». – 2010. – № 3. – С. 668 – 678.

## ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ ФОРМУВАННЯ ІНТЕРФЕЙСІВ В ІНТЕРАКТИВНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Проблема структуризації потоків інформації різних видів потребує розробки єдиної системи впорядкування повідомлень, що надходять до об'єкту керування. Інформація може бути представлена в знаковій формі у вигляді текстів, повідомлень, вхідних даних, таблиць, графіків, завдань, числових даних і т.п. Очевидними є також і труднощі, пов'язані із необхідністю систематизувати та привести до єдиної структури великі потоки різнотипних даних, необхідних для розв'язку конкретного завдання.

Термін «інформація» одержав безліч визначень в залежності від галузі застосування. Інформація — це нові відомості, які прийняті, зрозумілі і оцінені її користувачем як корисні або, іншими словами, інформація — це нові знання, які отримує користувач в результаті отримання та опрацювання певних відомостей.

За формою подання інформація поділяється на види: текстова (що передається у вигляді символів, призначених позначати лексеми мови), числова (у вигляді цифр і знаків, що позначають математичні дії), графічна (у вигляді зображень, подій, предметів, графіків), звукова (усна або у вигляді запису передачі лексем мови аудіальним шляхом).

Наприклад, предметом вивчення інформатики є саме дані: методи їх створення, зберігання, обробки і передачі. А сама інформація, зафіксована в даних, її змістовний сенс цікаві користувачам інформаційних систем, що є фахівцями різних наук і галузей діяльності (в тому числі фахівця з інформатики цікавить інформація з питань роботи з даними).

Для того щоб інформація могла передаватися від одного об'єкта іншому як до приймача, необхідно, щоб був проміжний матеріальний носій, що взаємодіє з джерелом. Інформація передається і при механічній взаємодії, однак механічна взаємодія, як правило, призводить до великих змін структури об'єктів, і інформація сильно спотворюється.

Перенесення інформації джерела на структуру носія називається кодуванням. При цьому відбувається перетворення коду джерела в код носія. Носій з перенесенням на нього кодом джерела у вигляді коду носія називається сигналом.

Саме спроба опису методу кодування даних (різних видів та різних способів надходження), що опрацьовує об'єкт керування і є ціллю даного дослідження.

Формування структуризованих даних в РКС виконується у вигляді фреймів [2]. Фрейми класифікуються за призначенням: фрейм оператора низового рівня; фрейм системи передавання даних; фрейм бази даних; фрейм управління об'єктами.

На рис.1 приведені структури названих фреймів, де використовуються наступні параметри фреймів та атрибути обміну потоками даних між вузлами комп'ютерних систем:

start, stop – границі інформаційного файлу фрейма-оператора,

Ф – границі пакету даних системи передачі даних,

T – реальний час,

N – номер об'єкта,

S – тип виконуваної операції,

X – масив технологічних даних,

M – сукупність інформаційних моделей об'єкта,

L - сукупність логіко-статистичних інформаційних моделей,

C<sub>i</sub>, C<sub>j</sub> – коди станцій КС, яка передає і приймає дані,

ТЕД – техніко-економічні дані, які формуються оператором,

I – інформаційні моделі та характеристики об'єкта,

Y – команди управління,

G – готовність виконання команди управління,

V – дозвіл виконання команди управління,

W – підтвердження виконання команди управління на об'єкті.

| № п/п | Тип фрейма                      | Структура фрейма |
|-------|---------------------------------|------------------|
| 1     | Фрейм оператора                 |                  |
| 2     | Фрейм системи передавання даних |                  |
| 3     | Фрейм бази даних                |                  |
| 4     | Фрейм управління                |                  |

Рис.1 - Фрейми РКС

Дані структури фреймів реалізуються на різних рівнях РКС згідно стандартних інтерфейсів, протоколів обміну даними, структури фреймів БД, структури файлів використовуваних БД, а також стандартизованих протоколів спеціалізованих комп'ютерних систем (СКС).

У загальному випадку інтерактивну МРД можна представити у вигляді двох інформаційних структур 1, 2 (рис.2), де перша виконує функції формування, опрацювання та реєстрацію даних, а друга – виробіток керуючих та управлінських потоків. Вказані дві структури взаємодіють через керуючі інформаційні зв'язки, які встановлюють інформаційну взаємодію між двома структурами.

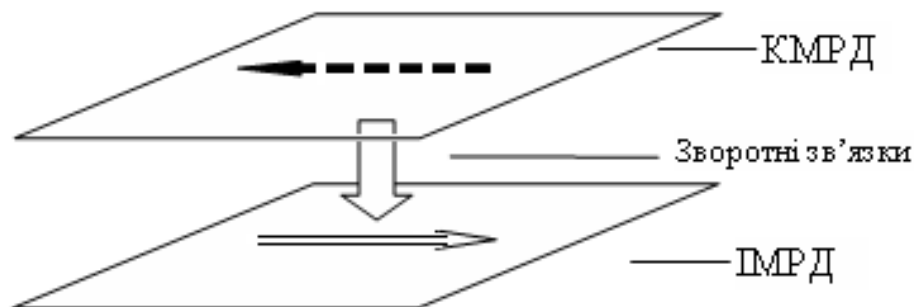


Рис.2 – Узагальнена структура взаємодії потоків інтерактивних МРД.

Викладена організація структури інтерактивних моделей руху структуризованої інформації дозволяє значно розширити функціональні можливості їх застосування при вирішенні актуальних задач вдосконалення та проектування спеціалізованих та проблемно-орієнтованих КС.

### Література

1. Николайчук Я.М. Проектирование специализированных компьютерных систем / Я.М. Николайчук, Н.Я. Возна, I.P. Пітух / Навчальний посібник / – Тернопіль: ТЗОВ «Тернограф», 2010.–392 с.




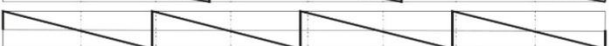
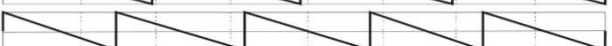

**Піх В. Я., Кімак В.Л., Круліковський Б.Б.**

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу  
 Національний університет водного господарства та природокористування  
 PIXel@ukr.net, vlkimak@yandex.ua, kboris@ukr.net

**МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ФУР'Є  
 У СИСТЕМІ ЗАЛИШКОВИХ КЛАСІВ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВОГО БАЗИСУ  
 КРЕСТЕНСОНА**

Використання косинусного перетворення Фур'є в практиці створення засобів спектрального аналізу набуло набагато меншого поширення у зв'язку з необхідністю послідовного обчислення автокореляційної та взаємокореляційної функцій, що потребує центрування та нормування вхідних сигналів, а також виконання множення та сумування добутоків чисел з різними знаками. При цьому сучасні швидкодіючі процесори та сучасні мікроелектронні компоненти елементні бази обумовлюють актуальність створення процесорів косинусного перетворення Фур'є для спектрального аналізу та діагностування на його основі складних об'єктів в різних напрямках промисловості

Запропонований метод полягає в тому, що дискретне обчислення спектру на основі косинусного перетворення згідно теореми Вінера-Хінчина, в якому цифрові значення автоковаріаційної функції, обчислюються у процесі формування цифрових відліків представлених в кодах системи залишкових класів теоретико-числового базису Хаара-Крестенсона, а оцінка спектру визначається шляхом обчислення коефіцієнтів взаємоковаріації між оцінкою дискретної автоковаріаційної функції та набором ортогональних функцій заданого теоретико-числового базису.

| ТЧБ<br>Хаара-Крестенсона |   |                             |
|--------------------------|---|-----------------------------|
| 1                        |  | $Cr(2, \theta)$ 0 1 0 1 0 1 |
|                          |  | $Cr(3, \theta)$ 0 1 2 0 1 2 |
|                          |  | $Cr(4, \theta)$ 0 1 2 3 0 1 |
|                          |  | $Cr(5, \theta)$ 0 1 2 3 4 0 |
|                          |  | ... ..                      |
|                          |  | $s$ 0 1 2 3 4 ...           |

Суть пояснюється тим, що при визначенні спектру випадкового процесу у заданому теоретико числовому базисі, цифрові відліки аналогового процесу представляються у кодах ТЧБ Хаара-Крестенсона, які запам'ятовуються в пам'яті, паралельно виконуються модульні операції множення та додавання у системі залишкових класів над цифровими значенням залишків по модулю автоковаріаційної функції та відповідних залишків по модулю цифрових відліків ортогональних функцій різних ТЧБ. Такий принцип представлення та опрацювання цифрових кодів випадкових процесів забезпечує високу швидкодію виконання арифметичних операції над залишками цифрових відліків у базисі Хаара-Крестсона, а також розширення функціональних можливостей обчислення спектрів у різних заданих ТЧБ.

Функціональна схема оптимізованого обчислення спектру Хаара-Крестенсона зображено на рисунку 1.

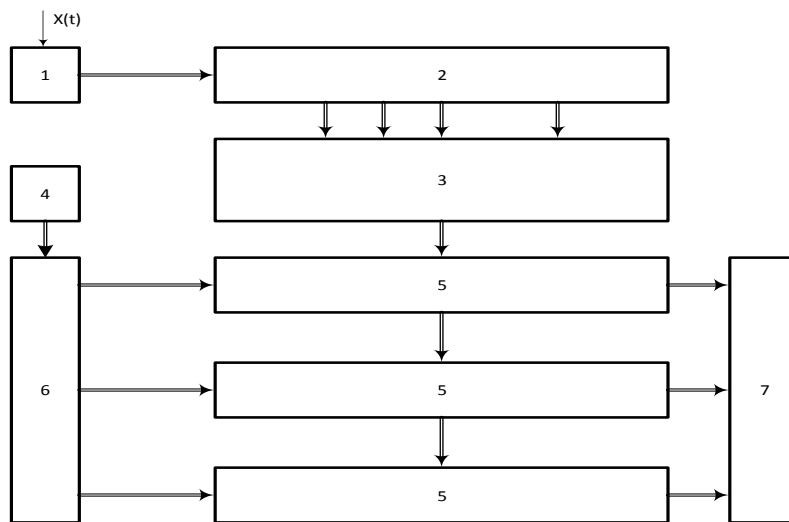


Рисунок 1 функціональна схема реалізації методу

На рисунку 1 зображено:  $x(t)$ - вхідний аналоговий випадковий процес; 1- аналого цифровий перетворювач, який формує цифрові коди  $X_i(H-C)$  у базисі Хаара-Крестсона; 2 – багаторозрядний регістр зсуву, у якому запам'ятовуються зсунуті у часі цифрові відліки; 3- обчислювач дискретної оцінки автоковаріаційної функції  $K_{xx}(j) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} x_i \cdot x_{i-j}$ ; 4- шина задання коду системи ортогональних функцій  $w$  відповідного ТЧБ; 5- пам'ять цифрових значень ортогональних функцій  $w$ , представлених у кодах Хаара-Крестсона; 6 – обчислювач коефіцієнта взаємоковаріації між автоковаріаційною функцією  $K_{xx}(j)$  і ортогональною функцією  $w(j)$  заданого в ТЧБ; 7- Вихідні шини кодів спектру косинусного перетворення у різних ТЧБ.

Вибір взаємопростих модулів для системи залишкових класів:

для вхідних аналоговий випадковий процесів  $x(t)$  дискретизується в часі з інтервалом  $\tau(t) = 1$  мс, а число рівнів квантування 32, що відповідає розрядності АЦП  $k=5$  біт. Об'єм вибірки і число точок автоковаріаційної функції  $K_{xx}(j)$  відповідно рівне  $n = 256$ ,  $m = 32$ . Вибираємо набір взаємопростих модулів системи залишкових класів базису Крестенсона виходячи з умови щоб діапазон кодування чисел у системі залишкових класів, який рівний добутку модулів  $p_1=25$ ,  $p_2=27$ ,  $p_3=28$ ,  $p_4=29$ ,  $p_5=31$ ,  $p_0=16991100$  був більший добутку

Таким чином запропонований метод характеризується розширеними функціональними можливостями за рахунок того що в якості базисної функції  $W_j$  які представлені в залишках по модулю  $P_i$  можуть бути відповідно обчислені спектри у базисах Фур'є Радемахера кресентсона та інших. Крім того виконання модульних операцій реалізується на основі логічних модульних матриць множення та додавання які можуть бути реалізовані програмно або апаратно і виконуються в базисі Хаара Кресентсона на протязі 2-х мікротактів, що суттєво підвищує швидкодю спектрального аналізу випадкових процесів.

## Література

1. Николайчук Я.М. /Теорія джерел інформації, - Тернопіль: ТзОВ «Терно-граф», 2010.- 536 с.
2. Задирака В. К. Теория вычисления преобразования Фурье /В.К. Задирака. – К.:Наук. Думка, 1983. – 216.
3. Мельник А. О. Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування: монографія / А. О. Мельник. – Львів: Видавництво Львівської Політехніки, 2013. – 516с.

### МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИБУТКУ ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Нехай на складі підприємства наявні  $n$  кряжів  $d_1, d_2, \dots, d_n$  загальним об'ємом  $V$  та загальною ціною  $C$ , а також зроблено  $k$  специфікаційних замовлень  $s_1, s_2, \dots, s_k$ , які характеризуються певними фізичними параметрами, зокрема, відомі об'єми сировини  $V(d_j)$  ( $j = 1, \dots, n$ ) та мінімальні об'ємами замовлень  $V(s_t)$  ( $t = 1, \dots, k$ ) (у м<sup>3</sup>). Припустимо, що для виконання замовлень на підприємстві розроблено  $m$  схем розкрою  $r_1, r_2, \dots, r_m$ , які для кожної одиниці сировини дозволяють виробити певні об'єми специфікаційної продукції [1].

Таблиця 1.

Вироблення специфікаційної продукції відповідно до схеми розкрою та сировини

|       | $d_1$                         | ... | $d_n$                         |
|-------|-------------------------------|-----|-------------------------------|
| $r_1$ | $(v_{11}^1, \dots, v_{11}^k)$ | ... | $(v_{1n}^1, \dots, v_{1n}^k)$ |
| ...   | ...                           | ... | ...                           |
| $r_m$ | $(v_{m1}^1, \dots, v_{m1}^k)$ | ... | $(v_{mn}^1, \dots, v_{mn}^k)$ |

У табл. 1  $v_{ij}^t$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; t = 1, \dots, k$ ) задає об'єм  $t$ -го специфікаційного продукту, виготовленого з  $j$ -го кряжу за  $i$ -ю схемою розкрою.

На виробництво 1 м<sup>3</sup> продукції витрачається певна кількість ресурсів (електроенергія, оплата праці та ін.), яка залежить як від поставу, так і від параметрів сировини. Тому відобразимо ці затрати у матриці  $(a_{ij})$ , де  $i$  відповідає номеру схеми розкрою ( $i = 1, \dots, m$ ),  $j$  – номеру кряжу ( $j = 1, \dots, n$ ).

Нехай змінна  $x_{ij} \in \{0, 1\}$  ( $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$ ) вказує на виготовлення продукції з  $j$ -го кряжу за  $i$ -ю схемою розкрою. Тоді:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, (i = 1, \dots, m). \quad (1)$$

Знайдемо загальні затрати ресурсів:

$$Z_r = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij}. \quad (2)$$

Оскільки для кожного специфікаційного замовлення заданий мінімальний об'єм продукції, то:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^t x_{ij} \geq V(s_t), (t = 1, \dots, k). \quad (3)$$

А загальний об'єм випиляної продукції складе:

$$V_p = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} \cdot \sum_{t=1}^k v_{ij}^t). \quad (4)$$

Якщо ціна 1 м<sup>3</sup> готової продукції складає  $c_1$  г.о., а відходів –  $c_2$  г.о., то дохід від реалізації продукції буде рівний:

$$P = V_p \cdot c_1 + (V - V_p) \cdot c_2. \quad (5)$$

Кожне переналагодження схеми розкрою призводить до певних затрат. Нехай вони складають  $c_3$  г.о. Для підрахунку кількості переналагоджень введемо функцію:

$$f_j = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \sum_{i=1}^m x_{ij} = 0; \\ 1, & \text{якщо } \sum_{i=1}^m x_{ij} > 0, \end{cases} (j = 1, \dots, n). \quad (6)$$

Тоді загальні затрати на переналагодження складуть:

$$Z_p = c_3 \cdot \sum_{j=1}^n f_j. \quad (7)$$

Отже, цільова функція прибутку буде мати вигляд:

$$F = P - Z_r - Z_p - C \rightarrow \max. \quad (8)$$

У моделі з цільовою функцією (8) та умовами (1–7) оптимізація можлива за рахунок зменшення затрат при виробництві продукції.

### Література

1. Повідайчик М.М. Особливості розробки виробничої програми лісопильного підприємства / М.М. Повідайчик // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті. Сер.: Економіка. – Одеса, 2013. – Вип. 4 (45). – С. 131–142.

Погоріляк О.О.

Ужгородський національний університет

alex\_pogorilyak@ukr.net

**ПРО МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ КОКСА**

Розглядається один з методів моделювання випадкових процесів Кокса. Позначимо  $\{\Omega, \mathfrak{F}, \mathbf{P}\}$  – стандартний ймовірнісний простір,  $\mathcal{B}$  –  $\sigma$ -алгебру борелівських підмножин  $\mathbf{T}$ ,  $\mathbf{T} \in \mathbf{R}$ .

Нехай  $\{Z(\omega, t), t \in \mathbf{T}\}$  – невід’ємний випадковий процес. Якщо умовний розподіл  $\{\nu(B), B \in \mathcal{B}\}$  при будь-якій реалізації  $Z(\omega, t)$  є пуассонівським процесом з функцією інтенсивності  $\mu(B) = \int_B Z(\omega_0, t) dt$ , то  $\nu(B)$  назвемо випадковим процесом Кокса, керованим процесом  $Z(\omega, t)$ . Розглядатиметься випадок коли  $Z(\omega, t) = \exp\{Y(t)\}$ , де  $Y(t)$  є строго субгауссівський випадковий процес[1].

Оскільки випадкові процеси Кокса є подвійно стохастичними, то їх модель також будуватиметься в два етапи[2]. На першому кроці моделюватиметься субгауссівський випадковий процес  $Y(t)$  (за допомогою якого породжується інтенсивність). На другому кроці розглядатиметься деяке розбиття області моделювання  $\mathbf{T}$  та на кожному з елементів розбиття будуватиметься модель пуассонівської випадкової величини з відповідним середнім. Оскільки  $\nu(B_i)$  – це число точок моделі, що належить області  $B_i$ , а ми не знаємо їхнього справжнього розташування, то розмішуватимемо їх в  $B_i$  довільно. Якщо ж  $\nu(B_i) = 1$ , то розмішуватимемо точку в центрі області.

Очевидно, що модель можна вважати допустимою якщо умовні ймовірності  $p_{kY}(B_i) = \mathbf{P}\{\nu(B_i) = k / Y(t), t \in \mathbf{T}\}$  та  $\tilde{p}_{kY}(B_i) = \mathbf{P}\{\nu(B_i) = k / \tilde{Y}(t), t \in \mathbf{T}\}$  відрізняються мало, а також ймовірність того, що число точок  $\nu(B_i)$  (відповідно й  $\tilde{\nu}(B_i)$ ) буде більше одиниці, також мала.

Буде наведено достатні умови наближення такого класу процесів їх моделями з наперед заданими точністю та надійністю.

**Література**

1. Булдігін В.В., Козаченко Ю.В. Метричні характеристики випадкових величин і процесів. – Київ: ТВіМС, 1998. – 290 с.
2. Погоріляк О.О. Моделювання логарифмічно строго субгауссових процесів Кокса // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія математика і інформатика. – 2011. – Випуск 22. № 2. – С. 109-116.

**Поліщук В.В.**

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

[v.polishchuk87@gmail.com](mailto:v.polishchuk87@gmail.com)

м. Ужгород, вул. Заньковецької, 87

**ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ РЕФІНАНСУВАННЯ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРЮВАННЯ**

У період накопичення боргових зобов'язань і в складних умовах вибору позичальників виникає задача вибору суб'єктів господарювання для рефінансування кредитів. Операція рефінансування дозволить об'єднати боргові зобов'язання або прострочені борги в один кредит із можливістю додаткового фінансування для реінжинірингу бізнесу, збільшення обсягу виробництва, покращення його якості або фінансування бізнес-проектів.

У таких умовах задача вибору клієнта має неординарний характер. Правильний вибір клієнтів для рефінансування дозволить фінансовій установі збільшити ринок позичальників при наданні кредиту. У той же час, така операція є більш ризиковою, адже клієнт попередні зобов'язання не міг виконати.

Математичну модель даної задачі можемо сформулювати наступним чином. Необхідно визначити множину критеріїв оцінки  $K = \{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ , для яких відомі значення оцінок альтернатив за деякі попередні періоди, після чого можливо спрогнозувати їх оцінки на подальші періоди. Тоді, за такою множиною критеріїв, можливо прослідкувати динаміку. До таких критеріїв можемо віднести наступні: коефіцієнти миттєвої, поточної, загальної ліквідності, коефіцієнти фінансової незалежності, маневреності власних коштів, фінансового левериджу, коефіцієнт періоду обороту дебіторської, кредиторської заборгованості та ін. На основі двоступеневої моделі багатокритеріального вибору [1], за даними критеріями відслідковуємо динаміку і прогнозуємо фінансовий стан підприємства на майбутні періоди. Завдяки нечітким процедурам прийняття рішень отримаємо агреговану оцінку  $A_1$ . При наявності інвестиційного проекту або бізнес-плану, також отримується агрегована оцінка  $A_2$  [2]. Тоді, в результаті одержимо вектор із двох компонент  $(A_1; A_2)$ . В залежності від можливості фінансової установи визначається рівень привабливості. Наприклад, якщо  $A_1 \geq 0,5$  і  $A_2 \geq 0,5$ , тоді підприємство визначаємо перспективним.

Таким чином, якщо динаміка оцінок критеріїв суб'єкта господарювання позитивна і наявний перспективний бізнес-план, то фінансова установа може надати кредит для погашення боргових зобов'язань і розвитку бізнесу. На основі даного кредиту підприємство зможе реанімувати виробничі процеси і врятуватись від банкрутства, а фінансова установа отримати прибуток.

**Література**

1. M. Malyar Two-staged model of multi-criteria selection / M. Malyar, V. Polishchuk, M. Sharkadi // Košická bezpečnostná revue, Košice, 2014. – 1/2014/ - P.119-124. – ISSN 1338-4880
2. Маляр М.М. Підхід до ранжування інвестиційних проектів / М.М. Маляр, В.В. Поліщук // III Міжнародна науково-методична конференція «Математичні методи, моделі та інформаційні технології в економіці». – Чернівці, 2013. – С.185-186. – ISBN 978-966-2021-76-9.



Поліщук Д. О.

Відокремлений підрозділ «Інформаційно-обчислювальний центр», Державне територіально-галузеве об'єднання «Львівська залізниця», вул. Гоголя, 1, Львів, Україна, 79000.  
ел. пошта d\_pole@mail.ru, +38 (063) 879 96 11.

## ПРОГНОСТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ КОЛІЙНОГО ГОСПОДАРСТВА ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

**Вступ.** У процесі експлуатації стан колії поступово погіршується під впливом багатьох внутрішніх та зовнішніх чинників. У зв'язку з цим постає проблема прогностичного аналізу об'єктів колійного господарства, оскільки стан колії, який є задовільним на момент останнього планового дослідження, до наступного огляду може стати критичним і не лише створити незручності при перевезенні, а й призвести до аварії. Результати прогностичного оцінювання дозволяють своєчасно відреагувати на потенційні ризики та прийняти рішення про терміни та об'єми відповідних колійних робіт.

**Підхід до прогностичного оцінювання стану колійного господарства Укрзалізниці.** До основних видів колійних робіт належать поточне утримання колії та ремонти – підйомний, середній, посилений середній, капітальний, посилений капітальний та суцільна заміна рейок [3]. Поточне утримання залізничної колії включає в себе регулярний контроль за станом колії та його оцінювання, а також роботи з попередження та усунення незначних («точкових») несправностей. Об'єми робіт, які здійснюються у кожному наступному із перерахованих вище видів ремонту, та супроводжуючі їх матеріальні та фінансові витрати послідовно збільшуються.

Унаслідок досліджень змін параметрів залізничної колії в процесі її тривалої експлуатації [2], які провели Федеральна залізниця Австрії та Інститут залізничного будівництва і економіки транспорту Технічного університету м. Грац, було виявлено, що ніякі роботи по поточному утриманню і ремонту колії не можуть повернути її до початкового стану, який був одразу після будівництва. Окрім того, після виконання цих робіт стан колії одразу починає погіршуватись під впливом руху поїздів. Темп цього погіршення безпосередньо залежить від її теперішнього стану, тобто деградація «хорошої» колії відбувається повільно, а «поганої» колії – швидко. Згідно із цими дослідженнями експериментальним чином встановлено, що поведінка характеристик колії є експоненційною.

У роботі [4] було сформовано набори характеристик, які повністю описують стан залізничної колії та запропоновано алгоритм визначення локальних оцінок об'єктів колійного господарства Укрзалізниці. Використаємо одержані оцінки для побудови алгоритму короткострокового прогнозування значень оцінки обраної характеристики колії [3]. Нехай  $\{e(t_j)\}_{j=1}^J$ ,  $J \geq 2$ , – передісторія оцінок певної характеристики, одержаних під час здійснення послідовності планових досліджень в моменти часу  $t_j \in [0, T]$ ,  $j = \overline{1, J}$ , за період  $T$ . Позначимо  $\Phi(t)$  систему лінійно незалежних функцій, визначених на проміжку  $[0, T]$ . Враховуючи визначену експериментальним шляхом поведінку функції  $e(t_j)$ , для інтерполяції її значень у точках  $\{t_j\}_{j=1}^J$  оберемо наступну систему базисних функцій:

$$\Phi(t) = \{e^{j-1}\}_{j=1}^J,$$

де  $\{a_j\}_{j=1}^J$  – вектор невідомих коефіцієнтів. Побудуємо функцію

$$e(t) = \langle \mathbf{1}, \Phi(t) \rangle_{R^J},$$

Тоді прогнозоване значення оцінки  $e(t)$  обраної характеристики в момент часу  $t_{J+1}$ , наприклад, наступного планового дослідження, одержується із співвідношення

$$e(t_{J+1}) = \langle \mathbf{1}, \Phi(t_{J+1}) \rangle_{R^J},$$

у якому значення коефіцієнтів  $a_j$ ,  $j = \overline{1, J}$ , визначається з умови

$$\langle \mathbf{1}, \Phi(t_k) \rangle_{R^J} = e(t_k), \quad k = \overline{1, J}.$$

За стабільної вантажонапруженості ділянки та швидкості руху поїздів по ній короткострокові прогнози показують, які елементи колії на цій ділянці найшвидше потребуватимуть ремонту, та дозволять оптимізувати графік ремонтних робіт. А саме, виходячи з поведінки послідовності  $\{e(t_j)\}_{j=1}^J$ , тобто враховуючи, що  $e(t)$  є монотонно спадаючою функцією, час наступного планового дослідження можна визначити з умови  $e(t_{J+i}) \geq e(t^*)$ ,  $i = 1, 2, \dots$ . Значення  $e(t^*)$  визначають експерти і воно відповідає оцінці стану колії, яка вимагає проведення робіт з поточного утримання колії. Зрозуміло, що значення  $e(t^*)$  можна використовувати і для визначення моментів часу, коли необхідно буде провести середній, посилений середній, капітальний, посилений капітальний ремонт чи навіть суцільну заміну рейок.

Важливим також є прогноз поведінки тривалості часових інтервалів між підйомними ремонтами колії. Коли тривалість такого інтервалу є меншою певної величини  $t_{\min}$ , це означає, що необхідно провести середній або капітальний ремонт. Дійсно, вимушене часте проведення підйомних ремонтів, суттєво не покращуючи стану колії, потребує значних фінансових та матеріальних витрат.

Для довгострокового прогнозування, до якого входять кілька періодів планових досліджень та удосконалення об'єктів системи, які будуть проведені після цих досліджень, використовуємо апарат часових рядів [1, 5].

**Висновок.** Запропонований підхід до короткострокового прогнозування поведінки характеристик стану колії ґрунтується на екстраполяції локальних оцінок, одержаних унаслідок оглядів колійного господарства. Цей підхід дає достатньо точний результат, особливо із збільшенням кількості оглядів та є достатнім для своєчасно відстеження негативних тенденцій у поведінці обраних характеристик. Результати прогностичного аналізу дозволяють визначити час наступного планового огляду та запланувати терміни і об'єми відповідних колійних робіт.

## Література

1. Бокс Дж. Анализ временных рядов. / Дж. Бокс, Г. Дженкинс – М: Мир, 1974. –197 с.
2. Вейт П. Прогнозирование изменения состояния верхнего строения пути / П. Вейт // Железные дороги мира. – 2006. – № 3. – С. 72-77.
3. Железнодорожный путь / под ред. Т. Г. Яковлевой. – М.: Транспорт, 1999. – 405 с.
4. Поліщук Д. О. Оцінювання стану колійного господарства Укрзалізниці / Д. О. Поліщук // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені ак. В. Лазаряна. – 2012. – Вип. 41. – С. 203-212.
5. Поліщук Д. Використання часових рядів для прогнозування оцінки якості функціонування складних систем / Д. Поліщук, М. Яджак // Зб. праць Міжн. наук. конф. «Сучасні проблеми механіки і математики». – Львів, 25-29 травня 2008 р. – Т.3. – С. 38-40.

### УТОЧНЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ГРАНИЧНОЇ ТЕОРЕМИ В СХЕМІ СЕРІЙ ПОСЛІДОВНОСТІ НЕЗАЛЕЖНИХ ОДНАКОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ВИПАДКОВИХ ВЕЛИЧИН

В останні роки пошвидко дослідження швидкості збіжності в локальних граничних теоремах з використанням псевдомоментів різної структури.

Нехай  $\xi_{n1}, \xi_{n2}, \dots, \xi_{nn}, \dots$  – послідовність незалежних однаково розподілених в кожній серії випадкових величин з  $M\xi_{ni} = 0; D\xi_{ni} = \frac{1}{n}$ . Позначимо через  $F_n(x)$  і  $f_n(t)$  відповідно функцію розподілу випадкових величин і характеристичну функцію  $\xi_{ni}$ .

Нехай  $S_n = \xi_{n1} + \xi_{n2} + \dots + \xi_{nn}$  – випадкова величина з функцією розподілу  $\hat{O}(\delta)$  і щільністю  $\varphi(x)$  стандартного нормального закону.

$$\text{Нехай } \int_{-\infty}^{+\infty} |f_n(t)| = A_n < \infty.$$

Нехай  $0 \leq s \leq 3$  існує  $\theta_{ns}$  найменша величина, для будь-якої при будь-яких  $t$  справедлива нерівність

$$\left| f_n(t) - e^{-\frac{t^2}{2n}} \right| \leq \theta_{ns} \min(|t|^{ns}; \sqrt{n}|t|^3).$$

Якщо  $c \in (0; e^{-6}), n > 1$  тоді

$$\sup_x |P_n(x) - \varphi(x)| \leq \frac{\theta_{ns}}{\sqrt{n}} \left( C_1 + C_2 \frac{\delta_s}{\sqrt{n}} A_n \right) + (1 - \delta_s) \frac{A_n}{2\pi} b_n^{n-1},$$

$$\delta_s = \begin{cases} 1, & s = 0; \theta_{ns} \leq c \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}, \quad b_n = \exp - \left\{ \frac{\pi^2}{24A_n^2 \left( \frac{2}{\sqrt{n}} + \frac{\pi}{T_n^k} \right)^2} \right\},$$

$$T_n^{(k)} = \begin{cases} \sqrt{-2n \ln \theta_{ns}}, & \theta_{ns} \leq c, (k = 1); \\ \frac{C\sqrt{n}}{\theta_{ns}}, & \theta_{ns} > c, (k = 2). \end{cases}$$

### Література

1. Золотарев В.М. Современная теория суммирования независимых случайных величин. – М:Наука, 1986. – С. 416.
2. Кароблис Ф., Слесорайтене Р. Аппроксимация плотностей распределения сумм независимых случайных величин // Лит.мат.сб. – 1989. – Вип. 29 № 4. – С.715-720.
3. Слюсарчук П.В., Поляк І.Й. Деякі оцінки швидкості збіжності в центральній граничній теоремі // Наук. вісник Ужгород. Ун-ту Сер. матем. – 1997. Вип.2. – С.104-107.
4. Статулявичус В.А. Предельные теоремы для плотностей и асимптотические разложения для распределения сумм независимых случайных величин // Теория вероятностей и ее применение. – 1965. – Вип. 310, №4. – С.645-649.

**ДВОКРИТЕРІАЛЬНА ЗАДАЧА ОПТИМІЗАЦІЇ БАНКІВСЬКОГО КРЕДИТУВАННЯ**

У сучасних умовах розвитку ринкових відносин в Україні одним з основних макроекономічних завдань кредитування банками є отримання максимального прибутку при мінімальних витратах. Ослаблення банківської системи України через посилення негативного впливу світової фінансової кризи певною мірою сприяло переоцінці кредитних ризиків і зміні механізмів їх виявлення. За останні роки збитки, які виникли в кредитній діяльності банків, були спричинені в наслідок несплати відсотків за користування кредитами та неповернення самих кредитів.

У працях [1, 2] використано метод динамічного програмування для розв'язування таких задач, як оптимальний розподіл кредитів банку з мінімальною величиною ризику та оптимальний розподіл інвестиційних коштів банку для фінансування проектів. У праці [3] розв'язано двокритеріальну задачу банківського кредитування, за якого одночасно треба максимізувати прибуток від кредитування і мінімізувати кредитний ризик методом динамічного програмування і модифікованим методом послідовних поступок.

В доповіді розглядається використання методу послідовних поступок [4] для розв'язання двокритеріальної задачі банківського кредитування, який дає можливість знайти такий компромісний розподіл кредитних коштів банку між позичальниками, за якого банк отримує певний прибуток з невеликим ризиком.

Нехай  $S$  – обсяг коштів, виділених банком для кредитування,  $n$  – кількість позичальників;  $p_i$  і  $r_i$  ( $0 \leq r_i \leq 1$ ) – відповідно величина прибутку і величина ризику від надання  $i$ -му позичальнику одиниці коштів;  $x_i$  – кількість одиниць коштів, що планує банк надати  $i$ -му позичальнику (шукані величини). Задача полягає в такому розподілі кредитних коштів між позичальниками, за якого досягається одночасно максимальний прибуток і мінімальний ризик.

Тоді математична модель задачі матиме вигляд:

$$P = \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$R = \sum_{i=1}^n r_i x_i \rightarrow \min \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i \leq m, \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

Зрозуміло, що одночасно забезпечити максимальний прибуток і мінімальний ризик неможливо. Тому, використовуючи метод послідовних поступок, будемо шукати компромісний розв'язок, який забезпечує певний прибуток з невеликим ризиком.

Позначимо через  $M$  множину допустимих розв'язків задачі (1) – (4), тобто множину точок  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , що задовольняють умови (3), (4).

Алгоритм методу послідовних поступок для розв'язування задачі (1) – (4) полягає в наступному. Спочатку розв'язуємо однокритеріальну задачу

$$P = \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max,$$

$$X \in M.$$

Нехай оптимальний розв'язок цієї задачі. Тоді обчислюємо ризик  $R(X_1)$ . Якщо ризик  $R(X_1)$  задовольняє банк, то  $X_1$  приймається за компромісний розв'язок задачі (1) – (4). В противному випадку банк визначає величину поступки  $\Delta P_1$ , на яку він може погодитися з метою зменшення ризику. Після цього визначаємо «уточнену» допустиму множину розв'язків

$$M_1 = \{X \in M \mid \sum_{i=1}^n p_i x_i \leq \sum_{i=1}^n p_i x_i^{(1)} - \Delta P_1\}$$

і розв'язуємо задачу

$$P = \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max,$$

$$X \in M_1.$$

Нехай оптимальний розв'язок цієї задачі. Тоді обчислюємо ризик  $R(X_2)$ . Якщо він задовольняє банк, то  $X_2$  приймається за компромісний розв'язок задачі (1) – (4). В противному випадку банк визначає величину наступної поступки  $\Delta P_2$ , на яку банк може погодитися з метою зменшення ризику. Після цього розв'язуємо задачу

$$P = \sum_{i=1}^n p_i x_i \rightarrow \max,$$

$$X \in M_2,$$

де

$$M_2 = \{X \in M \mid \sum_{i=1}^n p_i x_i \leq \sum_{i=1}^n p_i x_i^{(2)} - \Delta P_2\}.$$

І т. д. Процес розв'язування однокритеріальної задачі на «уточнених» множинах продовжується доти, доки знайдений компромісний розв'язок не буде задовольняти банк.

*Приклад.* Розв'язати задачу

$$P = 0,2x_1 + 0,3x_2 \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$R = 0,2x_1 + 0,25x_2 \rightarrow \min \quad (6)$$

$$x_1 + x_2 \leq 20, \quad (7)$$

$$x_1, x_2 \geq 0. \quad (8)$$

Розв'язавши спочатку однокритеріальну задачу (5), (7), (8), ми отримали  $\max P = 6$  і досягається в точці  $X_1=(0,20)$  з ризиком  $R(X_1) = 5$ . Припустивши, що ризик  $R(X_1) = 5$  не задовольняє банк, робимо поступку  $\Delta P_1 = 1,2$ . Тоді, розв'язавши таку ж задачу з додатковою умовою  $0,2x_1 + 0,3x_2 \leq 4,8$ , отримуємо  $\max P = 4,8$  в точці  $X_2=(12,8)$  з ризиком  $R(X_2) = 4,4$ . Припустивши, що ризик  $R(X_2) = 4,4$  не задовольняє банк, робимо поступку  $\Delta P_2 = 0,6$ . Тоді, розв'язавши задачу (5), (7), (8), з додатковою умовою  $0,2x_1 + 0,3x_2 \leq 4,2$ , отримуємо  $\max P = 4,2$  і досягається в точці  $X_3=(18,2)$ , з ризиком  $R(X_3) = 4,1$ . Припустимо, що ризик  $R(X_3) = 4,1$  задовольняє банк. Тому компромісним розв'язком нашої задачі є  $X_3=(18,2)$ ,  $P(X_3) = 4,2$  та  $R(X_3) = 4,1$ .

Розв'язання приведеної двокритеріальної задачі, в якій за критерії оптимальності береться величина ризику та прибуток банку, методом послідовних поступок дає такий компромісний розв'язок, який забезпечує певний прибуток з невеликим ризиком.

## Література

1. *Прядко О.Я.* Задача розподілу кредитних коштів банку з мінімальною величиною ризику / О.Я. Прядко, Г.Г. Цегелик // Наук. журн. «Вісник Хмельницького національного університету». Економ. науки. – 2010. – Т.4, №4 – С.123-126.
2. *Прядко О.Я.* Використання методу динамічного програмування для розв'язування задачі оптимального розподілу інвестиційних коштів банку для фінансування проектів / О.Я. Прядко, Г.Г. Цегелик // Вісник Львів. ун-ту, Серія екон. – 2009. – Вип. 41. – С.56-60.
3. *Прядко О.Я.* Метод послідовних поступок для розв'язування двокритеріальної задачі банківського кредитування / О.Я. Прядко, Г.Г. Цегелик // Наук. журн. «Вісник Хмельницького національного університету». Економ. науки. – 2012. – Т. 2, №5 – С.117 – 123.
4. *Волошин О.Ф., Мащенко С.О.* Моделі та методи прийняття рішень: Навчальний посібник. / О.Ф. Волошин, С.О. Мащенко // – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2010.-336с.

**Романенко В.Д., Милявский Ю.Л.**

Учебно-научный комплекс «Институт прикладного системного анализа» Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт»; проспект Победы, 37, Киев, 03056, Украина  
E-mail: [ipsa@kpi.ua](mailto:ipsa@kpi.ua), [yuriy.milyavsky@gmail.com](mailto:yuriy.milyavsky@gmail.com)

## УПРАВЛЕНИЕ НЕУСТОЙЧИВЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

Одним из подходов для описания сложноструктурированных слабоформализуемых систем является когнитивное моделирование, в основе которого лежит понятие когнитивной карты. Согласно [1, 2], когнитивная карта (КК) — это ориентированный граф, вершины которого отражают некоторые факторы (понятия, сущности, концепты, координаты), а ребра — связи между этими факторами. В работе [2] математический аппарат теории графов использовался для моделирования статических режимов социально-экономических процессов.

При воздействии внешних возмущений на одну из вершин когнитивной карты в ней происходит импульсный процесс, динамика которого описывается разностным уравнением [2, 3, 4]:

$$\Delta y_i(k+1) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \Delta y_j(k), \quad (1)$$

где первые разности  $\Delta y_i(k) = y_i(k) - y_i(k-1)$ ,  $i = 1, \dots, n$ .

В векторной форме выражение (1) можно записать как

$$\Delta \bar{y}(k+1) = Q^T \Delta \bar{y}(k), \quad (2)$$

где  $Q$  — весовая матрица смежности.

**Постановка задачи.** Предполагается, что исходная динамическая модель импульсного процесса (1) в КК является неустойчивой. Для стабилизации неустойчивого импульсного процесса КК необходимо сформировать в реальном масштабе времени последовательность внешних управлений, которые по синтезированному закону будут воздействовать непосредственно на вершины КК —  $y_i$ .

Первая задача посвящена установлению взаимосвязи между когнитивными картами и моделями в пространстве состояний с дальнейшим синтезом регулятора состояния.

Вторая задача заключается в разработке управляемой динамической модели импульсного процесса в КК в приращениях переменных типа «вход—выход» при воздействии вектора внешних управлений. На основе разработанной управляемой модели необходимо выполнить стабилизацию неустойчивого импульсного процесса посредством синтеза закона управления, который обеспечивает  $\lim_{k \rightarrow \infty} \Delta y_i(k) = 0$ .

Третья задача относится к реализации адаптивного управления КК при неизвестной или изменяемой весовой матрице смежности  $Q$ , которое заключается в оценивании коэффициентов матрицы  $Q$  при переходном процессе с последующим использованием оцененных значений при синтезе вектора управления.

**Результаты работы. 1. Метод обеспечения устойчивости процессов в когнитивных картах на основе моделей в пространстве состояний [5].**

Для перехода от модели разомкнутой и замкнутой системы в пространстве состояний к модели (1), (2) в работе [5] доказаны следующие теоремы и следствия к ним.

**Теорема 1.1.** Динамика процесса в пространстве состояний

$$\begin{aligned} \bar{x}(k+1) &= F\bar{x}(k) + G\bar{u}(k), \\ \bar{y}(k) &= C\bar{x}(k) \end{aligned} \quad (3)$$

может быть представлена в виде КК (2) с весовой матрицей смежности

$$Q^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ G & F & 0 \\ CG & CF & 0 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

**Теорема 1.2.** Все ненулевые собственные числа КК (4) равны собственным числам матрицы состояния  $F$  модели (3).

**Следствие 1.1.** Если собственные числа матрицы состояния  $F$  по модулю меньше единицы (т.е. модель (3) — асимптотически устойчива), то КК, которая определяется матрицей смежности (4), будет абсолютно устойчивой.

Для стабилизации системы, представленной моделями (3), (4), формируется внешний вектор управления:

$$\bar{u}(k) = -K_p \bar{x}(k). \quad (5)$$

**Теорема 1.3.** Динамика замкнутой системы в пространстве состояний (3), (5) может быть представлена в виде КК с весовой матрицей смежности:

$$Q^T = \begin{bmatrix} -K_p G & -K_p F & 0 \\ G & F & 0 \\ CG & CF & 0 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

**Следствие 1.2.** Если собственные числа матрицы  $F - GK_p$  по модулю меньше единицы (т.е. замкнутая система (3), (5) асимптотически устойчива), то когнитивная карта, заданная матрицей смежности (6), будет абсолютно устойчивой.

**Следствие 1.3.** Если система в пространстве состояний (3) стабилизируема, то эквивалентная ей КК (4) также будет стабилизируемой в том смысле, что возможно обеспечить ее абсолютную устойчивость путем приведения ее к виду (6). Доказательство теорем и следствий приведено в [5].

Выполняется также обратный переход от управляемой модели КК к модели в пространстве состояний. Предположим, что подмножество управлений  $\bar{u}$  существует.

**Теорема 1.4.** Когнитивная карта с матрицей смежности

$$Q^T = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ G & F \end{bmatrix} \quad (7)$$

может быть эквивалентно представлена моделью

$$\begin{aligned} \Delta \bar{x}(k+1) &= F \Delta \bar{x}(k) + G \Delta \bar{u}(k), \\ \Delta \bar{y}(k) &= C \Delta \bar{x}(k) \end{aligned} \quad (8)$$

в пространстве состояний. При этом, если собственные числа матрицы  $F$  в модели (8) по модулю меньше единицы (система (8) асимптотически устойчива), то соответствующая когнитивная модель, определяемая матрицей смежности (7), будет импульсно устойчивой.

Закон управления регулятора состояния (5) в форме  $\Delta \bar{u}(k) = -K_p \Delta x(k)$  синтезируется на основе заданного расположения корней характеристического уравнения  $\det[zI - F + GK_p] = 0$  замкнутой системы управления.

Рассмотрен практический пример стабилизации неустойчивого импульсного процесса КК относительно анализа кадровой политики в морском флоте, приведенной в [2].

## 2. Методы стабилизации и адаптивного управления неустойчивыми импульсными процессами в когнитивных картах на основе эталонных моделей характеристических полиномов замкнутых систем управления типа «вход—выход»

Динамика свободного движения импульсного процесса КК (1) может быть представлена дискретной моделью

$$A(q^{-1}) \Delta \bar{y}(k) = 0, \quad (9)$$

где матричный полином  $A(q^{-1})$  относительно оператора обратного сдвига  $q^{-1}$  имеет вид:

$$A(q^{-1}) = \begin{bmatrix} (1-a_{11}q^{-1}) & -a_{12}q^{-1} & \cdots & -a_{1n}q^{-1} \\ -a_{21}q^{-1} & (1-a_{22}q^{-1}) & \cdots & -a_{2n}q^{-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n1}q^{-1} & -a_{n2}q^{-1} & \cdots & (1-a_{nn}q^{-1}) \end{bmatrix}.$$

Если корни уравнения  $A(q^{-1})=0$  будут по модулю больше единицы, то система (9) будет неустойчивой.

Для реализации системы стабилизации неустойчивой модели (9) вводится внешний вектор управления, который воздействует непосредственно на вершины КК. Тогда модель вынужденного движения КК типа «вход—выход» будет иметь вид

$$(1-A_1q^{-1})\Delta\bar{y}(k) = B_1q^{-1}\Delta\bar{u}(k), \quad (10)$$

где  $B_1$  — диагональная матрица, которую можно выбирать в виде  $B_1 = I$ .

### 2.1. Система стабилизации неустойчивого импульсного процесса КК в приращениях переменных

Закон управления импульсным процессом (10) формируется в виде

$$\Delta\bar{u}(k) = D_0(I + F_1q^{-1})^{-1}[\Delta\bar{G}(k) - \Delta\bar{y}(k)]. \quad (11)$$

Тогда характеристический полином дискретной передаточной функции замкнутой системы приравнивается к эталонной модели:

$$(I - A_1q^{-1})(I + F_1q^{-1}) + q^{-1}B_1D_0 = I + A_{M_1}q^{-1} + A_{M_2}q^{-2}, \quad (12)$$

корни которой:  $\det[I + A_{M_1}q^{-1} + A_{M_2}q^{-2}] = 0$  выбираются по модулю меньше единицы.

На основе (12) определяются параметры закона управления (11):  $F_1 = -A_1^{-1}A_{M_2}$ ;  $D_0 = B_1^{-1}(A_1 + A_1^{-1}A_{M_2} + A_{M_1})$ . При  $\Delta G(k) = 0$  система обеспечивает  $\lim_{k \rightarrow \infty} \Delta\bar{y}(k) = 0$ .

Экспериментальное исследование этой системы выполнено для КК банковского процесса, количество вершин которой равно 7.

### 2.2. Система стабилизации неустойчивого переходного процесса координат вершин КК на заданных уровнях

Уравнение свободного движения координат КК в динамическом режиме на основе (1), (2), (9) можно записать в виде:

$$[I - (I + A_1)q^{-1} + A_1q^{-2}]\bar{y}(k) = 0. \quad (13)$$

Динамику вынужденного движения координат вершин КК при воздействии внешних управлений можно представить при помощи модели:

$$[I - (I + A_1)q^{-1} + A_1q^{-2}]\bar{y}(k) = B_1q^{-1}\bar{u}(k). \quad (14)$$

Закон управления системы стабилизации по отклонению формируется в виде:

$$\bar{u}(k) = (P_1 + P_2q^{-1})[\bar{G} - \bar{y}(k)], \quad (15)$$

где  $\bar{G}$  — вектор задающих воздействий.

При подстановке (15) в (14) получено уравнение замкнутой системы управления по каналу « $\bar{G} \rightarrow \bar{y}(k)$ »:

$$[I + (B_1P_1 - I - A)q^{-1} + (A_1 + B_1P_2)q^{-2}]\bar{y}(k) = B_1(P_1q^{-1} + P_2q^{-2})\bar{G}. \quad (16)$$

Путем приравнивания характеристического полинома к устойчивой эталонной модели:  $[I + (B_1P_1 - I - A)q^{-1} + (A_1 + B_1P_2)q^{-2}] = I + A_{M_1}q^{-1} + A_{M_2}q^{-2}$  определяются параметры системы стабилизации (15):

$$P_1 = B_1^{-1}(I + A_1 + A_{M_1}); \quad P_2 = B_1^{-1}(A_{M_2} - A_1).$$

При введении уравнения соотношений координат КК  $R\bar{G} = \bar{b}$ , где  $R$  — заданная матрица соотношений ( $n \times n$ ), а  $\bar{b}$  — заданный вектор ( $n \times 1$ ). Тогда вектор  $\bar{G} = R^{-1}\bar{b}$  и стабилизация координат вершин КК выполняется при установленном соотношении между ними.



### 2.3. Система адаптивного управления импульсным процессом при неизвестных и изменяющихся коэффициентах $a_{ij}$ КК

Коэффициенты весовой матрицы КК сложной системы определяются при помощи неточных экспертных оценок и в процессе функционирования систем могут изменяться со временем. В связи с этим возникает задача адаптивного управления КК.

Для оценивания коэффициентов используется рекуррентный метод наименьших квадратов (РМНК), предполагая, что возмущения, вызванные неточной информацией о коэффициентах модели, имеют характер белого шума. Для этого уравнение (10) записывается по координатно:

$$\Delta y_i(k) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \Delta y_j(k-1) + b_i \Delta u_i(k-1) + \xi_i(k). \quad (17)$$

Тогда (17) можно записать:

$$\Delta y_i(k) - b_i \Delta u_i(k-1) = \bar{X}_i^T(k) \cdot \bar{\theta}_i + \xi_i(k), \quad (18)$$

где

$$\bar{X}_i(k) = [\Delta y_{j_1}(k-1), \dots, \Delta y_{j_{p_i}}(k-1)]^T \text{ — вектор измеряемых приращений}; \quad (19)$$

$$\bar{\theta}_i^T = [a_{i_{j_1}}, \dots, a_{i_{j_{p_i}}}] \text{ — вектор ненулевых коэффициентов.}$$

При этом учтено, что часть коэффициентов  $a_{ij}$  заведомо равна нулю (в тех случаях, когда между соответствующими вершинами КК нет связей). На основе (18) для оценки вектора коэффициентов (19) применяется стандартный РМНК. Рекуррентную процедуру оценки необходимо производить для каждой вершины КК  $\Delta y_i(k)$  на каждом периоде дискретизации. В результате определение параметров  $D_0$ ,  $F_1$ ,  $P_1$ ,  $P_2$  систем стабилизации (11), (15) производится на основе оцененной матрицы  $\hat{A}_1$ .

### Литература

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites / R. Axelrod. — Princeton University Press, 1976. — 404 p.
2. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам / Ф.С. Робертс; [Пер. с англ]. — М.: Наука, 1986. — 496 с.
3. Авдеева З.К. Когнитивный подход в управлении / Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. // Проблемы управления. — 2002. — № 3. — С. 2—8
4. Максимов В.И. Структурно-целевой анализ развития социально-экономических ситуаций / В.И. Максимов // Проблемы управления. — 2005. — № 3. — С. 30—38
5. Романенко В.Д. Обеспечение устойчивости импульсных процессов в когнитивных картах на основе моделей в пространстве состояний / Романенко В.Д., Милявский Ю.Л. // Системні дослідження та інформаційні технології. — 2014. — № 1. — С. 26—42

**ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ КРАЇН ЄС ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ**

Для України сьогодні актуальними є питання щодо ефективного вирішення завдань, пов'язаних з євроінтеграційними процесами, вплив яких позначиться на усіх сферах та галузях економіки. Впровадження європейських стандартів відносно виробництва та соціального забезпечення вимагає забезпечення необхідної інформаційної підтримки прийняття рішень в системі державного регулювання та управління підприємствами. Саме тому важливим та своєчасним є аналіз досвіду країн, якими вже було пройдено шлях євроінтеграції. Серед країн, що увійшли до Євросоюзу у 2004 р., на особливу увагу заслуговує досвід Естонії, Словаччини, Польщі, Угорщини, Словенії. За темпами промислового виробництва, долею підприємств малого бізнесу промислового сектору в економіці, динамікою державних витрат на програми розвитку трудового потенціалу вони займають гідне місце серед країн ЄС. Так, у 2010-2013 рр. високі темпи зростання промислового виробництва характерні для Естонії (117,64% у 2011 р., 120,24% у 2012 р. та 125,14% у 2013 р.); Ірландії (106% у 2011 р., 121% у 2012 р. та деяке зниження у 2013 р. до 118,67%); Словаччини (106% у 2011 р., 113,08% у 2012 р. та 119,92 у 2013 р.); Польщі (104,18% у 2011 р., 108,91% у 2012 р., 107,91% у 2013 р.) [1]. Динаміка показників економіки України характеризується зниженням індексів промислового виробництва (у 2013 р. на 4,7%), низькою долею малого бізнесу у промисловості (9,7% у 2013 р.), зниженням інноваційної активності промислових підприємств, неефективним використанням трудового потенціалу та недостатнім фінансуванням його розвитку.

У Європейському Союзі малий бізнес розглядається як імпульс у ринковій інноваційно-орієнтованій економіці, а також як основа забезпечення робочими місцями людей. Найбільша доля малих промислових підприємств з кількістю персоналу до 50 осіб є характерною для таких країн ЄС, як: Греція (66,8%), Естонія (55,5%), Італія (53,9%), Японія (53,6%), Португалія (51%), Люксембург (50%) та Іспанія (49,1%) [2]. Перш за все, це свідчить про політику держав щодо надання підтримки розвитку малого підприємництва у промисловості, сферах послуг та будівництва, за якими ці показники є набагато вищими, ніж у промисловості. Аналіз провідного досвіду країн Європейського Союзу у питаннях державного фінансування та оцінки ефективності активних програм сприяння зайнятості та підвищення якості трудового потенціалу дозволив виділити такі особливості активної державної політики на ринку праці [3]: важливо враховувати адміністративні витрати на програму та середню компенсацію учасникам програми. При цьому маловитратні програми потребують більшої кількості учасників, а тому можуть виявлятися не дуже ефективними.

Дослідження показників ринку праці країн, що увійшли до Євросоюзу, необхідно проводити з урахуванням міграційних потоків. З 2005 р. по 2009 р. відзначається зростання рівня зайнятості у таких країнах, як: Естонія, Латвія, Литва та Словенія [4]. При цьому рівень безробіття знижувався з 2005 р. по 2009 р. у Кіпрі, Чехії, Литві, Латвії, Естонії, Польщі, Словенії. Для Румунії та Болгарії також після вступу до ЄС у 2007-2008 рр. було характерним зростання рівня зайнятості та скорочення безробіття [5]. Висновки про ефективність функціонування ринку праці цих країн можуть бути зроблені тільки після врахування рівня міграції. Наприклад, Eurostat виявляє закономірність: Литва надає велику можливість заробляти у себе мігрантам як з країн ЄС, так і зовнішнього стосовно ЄС світу. За обсягом переказів, здійснюваних мігрантами, Литва порівнянна окремо з Чехією, Австрією та Грецією. Разом з тим, відомо, що значна частина працездатного населення Литви мігрувала у пошуках роботи в країні Старої Європи, зокрема, до Великої Британії. Робота в Литві є, але її вважають за краще робити мігранти в той час, як самі литовці вважають за краще стати мігрантами в ЄС [6]. Для України варто оцінювати загрози масового виїзду до країн ЄС висококваліфікованих

фахівців і талановитих учених. Саме тому не можна поза увагою залишати питання забезпечення належного рівня оплати праці.

Значні темпи зростання компенсаційних виплат робітникам виявлено за такими країнами, як: Естонія (9,6% у 2001 р., 14,7% у 2006 р., 24,9% у 2007 р., 11,3% у 2008 р. та 7,6% у 2013 р.), Корея (9,4% у 2011 р.), Польща (5,2% у 2011 р. та 8,1% у 2012 р.), Угорщина (5,8% у 2011 р. та 5,1% у 2012 р.), Словенія (13,8% в 2001 р., 8,6% у 2009, 3,1 у 2010 р.) та ін. Наприклад, для таких країн, як: Норвегія, Португалія, Іспанія, Італія, США та ін. за період 2000-2013 рр. є характерними річні зростання компенсаційних виплат робітникам у межах від 2% до 7%. Найбільше зниження компенсаційних виплат персоналу відбувалося майже у всіх країнах ЄС у 2009-2010 роках, що пов'язано із наслідками світової фінансово-економічної кризи [7]. Динаміка державних витрат країн ЄС на навчання персоналу дозволяє зробити висновки про те, що у 8,5 раз вони зросли у Естонії (з 3,434 млн євро у 2003 р. до 29,038 млн євро у 2012 р.); для Литви характерним є їх збільшення у 6,8 раз (з 2,745 млн євро у 2003 р. до 18,706 млн євро у 2012 р.); у Румунії – з 5,043 млн євро у 2003 р. до 7,197 млн євро у 2012 р.; у Чехії – з 11,615 млн євро у 2002 р. до 18,716 млн євро у 2012 р. Найбільш високими ці витрати є для Польщі та Угорщини. У Словенії державні витрати на навчання у 2005 р. склали 14,243 млн євро, у 2010 р. – 43,348 млн євро, а у 2012 р. – вже 14,994 млн євро. Представлений статистичний огляд свідчить про те, що перспективним для економіки України є дослідження досвіду тих країн, що демонструють позитивні зрушення після приєднання до ЄС. При цьому виявлено такі закономірні тенденції: високі витрати на навчання та розвиток, рівномірне та поступове зростання компенсаційних виплат персоналу; збільшення долі малого бізнесу промислового сектору в економіці позитивно позначається на динаміці розвитку промисловості країн. На 18-му саміті глав держав Центральної Європи у Братиславі 13.06.2013 р. було зазначено, що Європейський Союз – невичерпне джерело досвіду функціонування ринкової соціально-орієнтованої економіки та державного регулювання економічних процесів. При цьому наголошувалося, що Україна може отримати знання щодо розробки політики в області зайнятості, підвищення соціальних стандартів та рівня людського розвитку. Перспективними завданнями для вітчизняної економіки на шляху входження до ЄС мають бути такі: забезпечення конкурентоспроможності продукції на міжнародному ринку; створення відповідних умов для зростання промислового виробництва; розвиток малого бізнесу у промисловому секторі; поступовий перехід до європейських стандартів та гармонізації законодавства до вимог ЄС; збереження, відтворення та накопичення трудового потенціалу країни як основи інноваційного розвитку економіки.

#### Література

1. Industrial production. – [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/industrial-production/indicator/english\\_39121c55-en?isPartOf=/content/indicatorgroup/0bb009ec-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/industrial-production/indicator/english_39121c55-en?isPartOf=/content/indicatorgroup/0bb009ec-en).
2. Persons employed by enterprise size and sector. – [http://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/entrepreneurship-at-a-glance-2014/persons-employed-by-enterprise-size-and-sector\\_entrepreneur\\_aag-2014-table18-en](http://www.oecd-ilibrary.org/industry-and-services/entrepreneurship-at-a-glance-2014/persons-employed-by-enterprise-size-and-sector_entrepreneur_aag-2014-table18-en).
3. Active labour market police: assessing macroeconomic and microeconomic effects. – <http://www.oecd.org/els/emp/2485416.pdf>.
4. Employment rate, by sex / Eurostat. – <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=tsdec420&plugin=1>.
5. Unemployment rate by age group (from 25 to 74) / Eurostat. – <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/refreshTableAction.do?tab=table&plugin=1&pcode=tsdec460&language=en>.
6. Рынок трудовой миграции в ЕС: литовский перекоп и спад спроса на украинских "заробитчан" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.regnum.ru/news/polit/1744789.html#ixzz37pyrar>.
7. Labour compensation. – [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/labour-compensation/indicator/english\\_251ec2da\\_en?isPartOf=/content/indicatorgroup/0bb009ec-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/labour-compensation/indicator/english_251ec2da_en?isPartOf=/content/indicatorgroup/0bb009ec-en).

**Рясна І. І.**Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України  
riasnaia@gmail.com**ЗАСТОСУВАННЯ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАНЬ  
ДО ПОБУДОВИ НЕЧІТКИХ ШКАЛ**

Репрезентативна теорія вимірювань [1] є засобом для побудови та аналізу адекватних математичних моделей слабо структурованих задач, наприклад, задач кластерного аналізу, задач комбінаторної оптимізації за умов невизначеності, які виникають при дослідженні економічних, соціально-економічних та технічних систем за наявності „суб’єктивного фактору”.

Центральним поняттям репрезентативної теорії вимірювань є шкала вимірювань. Шкалою називається гомоморфне або ізоморфне відображення емпіричної системи з відношеннями у числову або математичну систему з відношеннями. Нечітка шкала визначається як гомоморфізм або ізоморфізм емпіричної системи з відношеннями в систему з відношеннями на множині нечітких підмножин [2].

За способом вимірювання відрізняють прямі (фундаментальні) вимірювання та непрямі (похідні) вимірювання. Прямі вимірювання визначаються як побудова шкали за допомогою відображення емпіричної системи з відношеннями у числову або математичну систему з відношеннями. Непрямі вимірювання породжує нову шкалу на основі вже наявних шкал.

Значення функцій належності нечітких характеристик об’єктів є результатом прямих вимірювань і можуть вимірюватися у порядковій шкалі, а також шкалах відношень, інтервалів або абсолютній шкалі. Проте значення функції належності нечітких бінарних відношень є результатом непрямих вимірювань, а тип і адекватність відповідної нечіткої шкали мають бути встановлені в процесі дослідження.

У доповіді розглядаються проблеми побудови адекватних мір схожості та нечіткої шкали схожості на базі нечітких якісних характеристик. З позицій репрезентативної теорії вимірювань формалізовано поняття нечіткої шкали схожості, запропоновано методику побудови такої шкали, сформульовано необхідні й достатні умови її адекватності. Наведено два способи побудови нечіткої шкали схожості у випадку вимірювання значень функцій належності нечітких якісних характеристик об’єктів у шкалах порядку, відношень, інтервалів і абсолютних шкалах та проведено аналіз щодо їх адекватності.

**Література**

1. R. Luce, D. Krantz, Suppes and A. Tversky. Foundations of Measurement: Vol. III. – New York: Dover Publications, Inc., 2007. – 356 p.
2. А. Ф. Блишун. Сравнительный анализ методов измерения нечеткости // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика. – 1988. – № 5. – С. 152–175.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ АНАЛІЗУ ФІНАНСОВОЇ СТІЙКОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Сучасна економічна система досить динамічна, тому умови функціонування підприємств часто змінюються. Через це можливе значне погіршення фінансового становища підприємства, отже необхідним є постійний контроль та аналіз його фінансового стану. Одним з основних факторів успішного функціонування підприємства є забезпечення його фінансової стійкості

Фінансова стійкість підприємства — це такий стан його фінансових ресурсів, їх розподілу і використання, який забезпечує збереження ніши міжнародного ринку, розвиток підприємства за рахунок росту прибутку і капіталу при збереженні платоспроможності та кредитоспроможності в умовах допустимого ризику зовнішньоекономічної діяльності [1].

Для виключення людського фактору, а також для швидкого виконання розрахунків було розроблено програмний модуль, який визначає коефіцієнти фінансової стійкості підприємства, які розраховуються на основі моделей Альтмана, R-методу Іркутської національної академії, універсальної дискримінантної моделі та моделі Матвійчука.

Для того, щоб вибрати моделі, за якими буде розраховуватись фінансова стійкість, необхідно позначити потрібні, вибрати тип періоду та натиснути кнопку «Розрахувати» (рис 1).

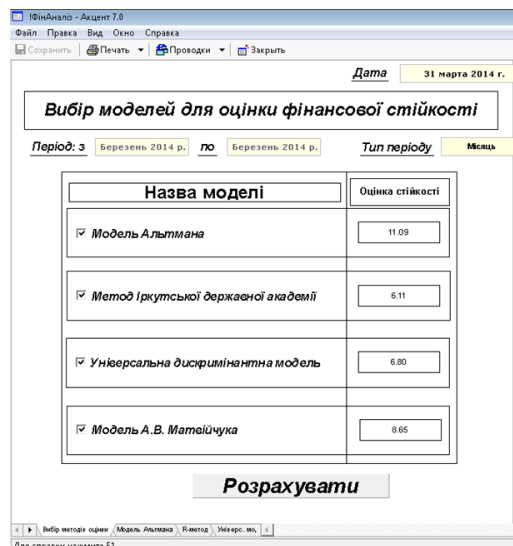


Рис. 1. Вибір моделей для оцінки фінансової стійкості

Після цього на головній сторінці з'явиться оцінка фінансової стійкості за кожною з вибраних моделей. Крім того користувачу доступні вкладки, на яких відображені коефіцієнти, за якими розраховувалась фінансова стійкість, значення критерію та ймовірність настання банкрутства.

Для кожної з методик проведення фінансового аналізу було створено відповідний об'єкт обліку. Таким чином при проведенні розрахунків створюється документ з чотирма проводками (відповідно до кількості методик) по відповідному рахунку фінансового аналізу.

Всі дані моделей зберігаються, тому їх можна переглянути за допомогою звіту, зробити порівняльний аналіз та прослідкувати тенденцію зміни показників.

Наявність даного програмного модуля дозволяє особі, що приймає практичне чи теоретичне рішення отримати всю необхідну і своєчасну інформацію про фінансову стійкість підприємства, що дозволить розробити необхідні управлінські рішення.

### Література

1. Дахно І.І. Зовнішньоекономічний менеджмент. - К.: Центр учбової літератури, 2012. – 568 с.

Селіванова А. В.

Одеська національна академія харчових технологій

[av\\_selivanova@mail.ru](mailto:av_selivanova@mail.ru)

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ХОЛОДИЛЬНИМ УСТАТКУВАННЯМ

При розробці універсального тренажерного комплексу для отримання навичок управління холодильним устаткуванням необхідно врахувати різноманіття схемно-циклових рішень холодильних установок різних типів. Це викликає необхідність в розробці загальної схеми управління.

Пропонована схема представлена на рис. 1.

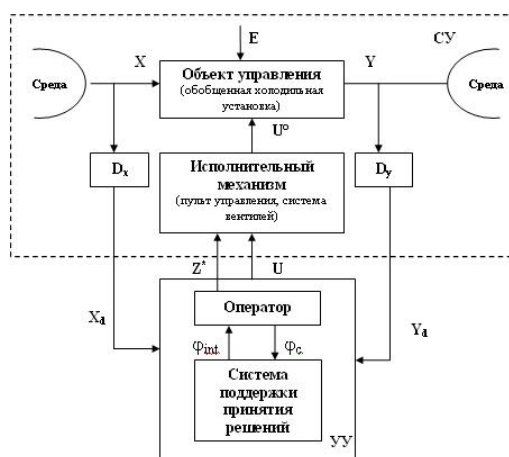


Рисунок 1 – загальна схема управління холодильною установкою

Її особливістю є те, що на відміну від класичної схеми управління[1], цей варіант містить систему інтелектуальної підтримки, яка за допомогою сучасних методів штучного інтелекту виробляє і надає команди алгоритму оптимального управління  $\varphi_{int}$ , які порівнюються з командами оператора  $\varphi_c$ . У зв'язку із слабкою формалізацією і високою мірою невизначеності процесу ухвалення рішення про дію, що управляє, з боку оператора, розроблена модель системи інтелектуальної підтримки, метою якої є перетворення вхідної інформації про стан середовища  $X_D$  і стан об'єкту управління  $Y_D$  в інформацію про рекомендовану керуючу дію  $\varphi_{int}$ .

Процес прийняття рішення про управляючий вплив зі сторони оператора представляється слабо формалізованим з високим ступенем невизначеності. Тому, при побудові моделі управління узагальненою холодильною установкою пропонується використання гібридного нейро-нечіткого моделювання.

Для побудови гібридної нейро-нечіткої моделі використаний пакет Fuzzy Logic Toolbox системи MATLAB, в якому гібридні мережі реалізовані у формі адаптивних систем нейро-нечіткого виведення ANFIS. В якості початкових учбових даних використані експериментальні дані по експлуатації одноступінчатої аміачної холодильної установки для зберігання м'ясопродукції Одеського м'ясопереробного заводу.

Запропонована модель реалізована у методах об'єктного класу TRefMashine комп'ютерного тренажера IceQueen 3.0, створеного в процесі дослідження.

### Література

1. Растрингин Л. А. Современные принципы управления сложными объектами./ Л. А. Растрингин. – М.: Сов. Радио, 1980 – 232 с.: ил
2. Селіванова А. В. Интеллектуальные средства управления обобщенной холодильной установкой./ Селіванова А. В., Мазурок Т. Л. - Научно-технический журнал «Искусственный интеллект» Вып. 4'2013 - с.514-520

**Семенов В.В., Куліш Є.В., Цибенко М.В.**  
 Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України  
 hunt.semen@gmail.com, marianna1ts@gmail.com

### ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ВЕКТОРНИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ НА КОМБІНАТОРНИХ МНОЖИНАХ З РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯМ ОБЧИСЛЕНЬ

Наведено підхід до розв'язання задач векторної дискретної оптимізації на комбінаторних множинах, у якому, для знаходження Парето-оптимальних розв'язків використовується множина опорних точок. Наведений підхід реалізований для виконання паралельних обчислень.

Задачі дискретної оптимізації є математичними моделями багатьох проблем, що виникають в економіці, управлінні системами, в технічних застосуваннях, військовій справі та інших галузях [2]. Розв'язання однокритеріальних та векторних задач дискретної оптимізації на послідовних обчислювальних машинах вимагає істотних обчислювальних ресурсів (час, пам'ять), що пов'язано з перебором великої кількості варіантів. Як було показано в [2, 3] навіть для задачі про ранець з  $n$  булевими змінними, цей перебір може виявитися близьким до повного та мати порядок  $2^n / \sqrt{n}$ . Звідси природно виникає необхідність застосування паралельних методів для прискорення процесу розв'язання задач дискретної оптимізації.

Для покращення швидкості пошуку оптимальних розв'язків і ефективності обчислень запропоновано використовувати паралельний підхід до розв'язання векторних задач дискретної оптимізації на комбінаторних множинах. Цей підхід базується на побудові множини точок, що автоматично визначаються таким чином, щоб критеріальний простір був рівномірно розподілений, але повністю покритий.

Задача багатокритеріальної оптимізації полягає в оптимізації множини цільових функцій  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_\ell(x)$ , де  $\ell \geq 2$ . Кожна функція мінімізується або максимізується. Допустимо, без втрати загальності, що всі функції повинні бути мінімізовані. Вектор розв'язків  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  представлений у вигляді  $n$  змінних. Позначимо  $X$  – множину допустимих розв'язків. На основі векторної функції кожному вектору розв'язків поставимо у відповідність вектор цілей  $z \in Z$ . Для кожного вектора розв'язків  $x \in X$  відповідає точно один цільовий вектор,  $z \in Z$ , на основі векторної функції  $f: X \rightarrow Z$ , де  $Z$  – множина векторів оцінок  $z = (z_1, z_2, \dots, z_\ell)$ ,  $z_i = f_i(x)$ ,  $i = 1, \dots, \ell$  допустимих точок  $x \in X$  у критеріальному просторі,  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_\ell(x))$ . Отже, задача багатокритеріальної оптимізації може бути сформульована в такий спосіб:

$$\min \{f(x) \mid x \in X\}, \quad f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_\ell(x)) \quad (1)$$

Розв'язання задачі (1) полягає в знаходженні вектора Парето-оптимальних (ефективних) точок [1]. Оскільки допустима множина обмежена, то множина ефективних розв'язків не порожня.

Підходи з побудовою функції скаляризації [4], запропоновані Вержбицьким [5], добре підходять для роботи з опорними точками. Одна із сімейства скаляризаційних функцій може бути записана таким чином:

$$\sigma(z, z^0, \lambda, \rho) = \max_{i=1,2,\dots,\ell} \{\lambda_j (z_i - z_i^0)\} + \rho \sum_{j=1}^{\ell} \lambda_j (z_j - z_j^0), \quad (2)$$

де  $z = (z_1, z_2, \dots, z_\ell)$  – цільовий вектор,  $z^0 = (z_1^0, z_2^0, \dots, z_\ell^0)$  – вектор опорних точок,  $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_\ell)$  – вектор вагових коефіцієнтів і  $\rho$  – випадкове мале число ( $0 < \rho \ll 1$ ). За допомогою варіацій вагових коефіцієнтів і опорних точок можна побудувати кілька функцій.

Таким чином, маємо наступну задачу:

$$\min \{\sigma(z, z^0, \lambda, \rho) \mid x \in X\} \quad (3)$$

Точка  $z^0$  має дві властивості:

1) якщо  $x^* = \arg \min_{x \in X} \sigma(z, z^0, \lambda, \rho)$ , тоді  $x^*$  – ефективний розв’язок задачі (1);

2) якщо  $x^*$  – ефективний розв’язок задачі (1), тоді існує функція  $\sigma(z, z^0, \lambda, \rho)$  така, що  $x^*$  – оптимальний розв’язок задачі (3).

Використання різних векторів  $\lambda$  для однієї й тої ж опорної точки  $z^0$ , може привести до різних оптимальних результатів, що дозволяє виконувати обчислення паралельно, оскільки задача оптимізації кожної даної функції може бути розв’язана незалежно від інших.

За допомогою ідей еволюційного алгоритму [6], заснованого на використанні розглянутих вище скаляризаційних функцій, де вибіркова інформація враховується за допомогою опорних точок, запропонований алгоритм розв’язання задачі багатокритеріальної дискретної оптимізації. Він спрямований на знаходження множин ефективних розв’язків, що відповідають  $z^0$  і  $\lambda$ .

Наведений підхід до розв’язання багатокритеріальної задачі дозволяє одержувати більш точні розв’язки за менший час. Такі результати досягнуті за рахунок застосування паралельних обчислень і використання множини опорних точок, на якій розв’язується задача.

### Література

1. Н.В. Семенова, Л.М. Колечкіна. Векторні задачі дискретної оптимізації на комбінаторних множинах: методи дослідження та розв’язання – Київ: Наукова думка, 2009. – 266 с.
2. Финкельштейн Ю.Ю. Приближенные методы и прикладные задачи дискретного программирования. М.: Наука, 1976.
3. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации: проблемы, методы решения, исследования. – К.: Наук. думка, 2003. – 264 с.
4. R.E. Steuer. Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and Application. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 1986.
5. Wierzbicki. The use of reference objectives in multiobjective optimization. In G. Fandel and T. Gal, editors, Multiple Objective Decision Making, Theory and Application, N177 in Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, P. 468-486. Springer-Verlag, 1980.
6. E. Zitzler and S. Kunzli. Indicator-based selection in multiobjective search // Proceedings of the 8th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature (PPSN VIII), V. 3242 of Lecture Notes in Computer Science, P. 832-842, Birmingham, UK, 2004. Springer-Verlag.



**АЛГОРИТМ РОЗВ'ЯЗАННЯ СТОХАСТИЧНИХ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ ЗАДАЧ**

Урахування стохастичних аспектів процесів планування істотно ускладнює аналіз і вибір оптимальних рішень. Серед підходів, що застосовуються для врахування неоднозначності вхідної інформації при побудові математичних моделей та їх дослідженні, можна виділити прямі, непрямі та методи побудови евристичних процедур формування рішень в умовах неповної інформації [1-3]. Розглядається один з непрямих підходів до формалізації задач в стохастичній постановці: побудова детермінованих еквівалентів або наближень стохастичних задач, всі розв'язки або деякі з них є оптимальними розв'язками вхідних стохастичних задач або їх хорошим наближенням.

Розглядається задача вибору програми розвитку системи та оптимального розподілу інвестицій між підсистемами за періодами планування  $t=1, \dots, T$  з метою реалізації завдань по загальносистемному приросту потужностей  $P_t, t=1, \dots, T$ . Для кожної підсистеми  $j$  задано  $K_j (k=1, \dots, K_j)$  варіантів розвитку, які відповідають різним технологіям розробки підсистем і можуть відрізнятися тривалістю розробки, обмеженнями на величини  $x_j^t$  за періодами розвитку та ін. Вибір варіанту розвитку задається булевою змінною  $z_j^{tk}$ , що дорівнює 1, якщо для розвитку  $j$ -ої підсистеми обрано варіант  $k$ , який намічено завершити в період  $t$ , і дорівнює 0 в іншому випадку. Потреба в ресурсах на розвиток  $j$ -ої підсистеми за варіантом  $k$  вважається рівною випадковій величині  $b_j^k(\omega)$  з заданим законом розподілу ймовірностей

$$F_{jk}(y) = P\{b_j^k(\omega) \leq y\}, j=1, \dots, J, k=1, \dots, K_j.$$

Досліджена наступна задача стохастичного програмування. Мінімізувати загальні витрати на розвиток сукупності підсистем

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J x_j^t \rightarrow \min$$

з обмеженнями на: задану надійність реалізації обраної програми розвитку підсистем

$$P_{\omega \in S} \left\{ \sum_{t=1}^T x_j^t \geq \sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_j} z_j^{tk} b_j^k(\omega) \mid j=1, \dots, J \right\} \geq \alpha_0,$$

вибір варіанту розвитку  $\sum_{t=1}^T \sum_{k=1}^{K_j} z_j^{tk} \leq 1, j=1, \dots, J,$

технологію розвитку підсистем та виконання завдань по приросту потужностей (лінійні обмеження, задані в загальному вигляді)  $Ax + Dz \geq c$ .

Тут  $\alpha_0$  – заданий необхідний рівень надійності реалізації програми розвитку сукупності підсистем; матриці  $A$  і  $D$  та вектор  $c$  задають обмеження на виконання завдань по введенню потужностей і обмеження на технологію розробки підсистем, яка визначається вибором вектора  $z: x_j^t \geq 0, z_j^{tk} \in \{0, 1\}, j=1, \dots, J, t=1, \dots, T, k=1, \dots, K_j$ .

Розроблено підхід до розв'язання стохастичних задач, заснований на побудові детермінованого наближення вхідної стохастичної задачі. Процедура пошуку розв'язку полягає в ітеративному розв'язанні двох підзадач: побудованого детермінованого наближення, яке є задачею лінійного програмування з неперервними і цілочисловими змінними, і задачі опуклого

програмування, одержуваної шляхом фіксації цілочислових змінних. Для розв'язання цих задач застосовуються точні та наближені алгоритми методу Бендерса [4] та відсікаючих площин [2, 5].

#### Алгоритм

1. Розв'язується перша підзадача. Фіксуються вектори  $\bar{k}^{(n)}$  та  $\bar{t}^{(n)}$ , що задають набір варіантів і моменти завершення розвитку підсистем, що відповідають обраним значенням змінних  $z_j^{tk} = 1$ ; відповідне обраному планом значення цільової функції  $f_D(x^{(n)})$  позначається як  $f_D^*$ .

2. Для фіксованих векторів  $\bar{k}^{(n)}$  та  $\bar{t}^{(n)}$  розв'язується друга підзадача, що є задачею опуклого програмування. Отриманий розв'язок  $(\tilde{x}_j^t, z_j^{t(n)k_j^{(n)}})$  запам'ятовується як  $x^*$ , якщо  $f(\tilde{x}) < f(x^*)$ . В першу задачу вводиться додаткове обмеження, яке виключає з розгляду варіант  $(\bar{k}^{(n)}, \bar{t}^{(n)})$ , і відбувається перехід до пункту 1 алгоритму.

Наведено кілька варіантів зупинки процедури, які можуть бути використані одночасно.

3. Розв'язок  $(\tilde{x}_j^t, z_j^{t(n)k_j^{(n)}})$ , отриманий на двох попередніх кроках при заданому на  $n$ -ій ітерації значенні параметра  $\alpha_0^{(n)}$  досліджується за допомогою імітаційної процедури, в основі якої лежить алгоритм оперативної корекції:  $M(x, z, \omega)$ . Результатом роботи імітаційної процедури є оцінка надійності реалізації сформованого плану за умови використання заданого алгоритму корекції:  $P_m^{(n)}$ . На основі отриманої оцінки здійснюється корекція оптимізаційних моделей, що використовуються на попередніх кроках.

#### Література

1. Вошинин А.П., Сотиров Г.Р. Оптимизация в условиях неопределенности. – НРБ.: Изд-во МЭИ Техника, 1989. – 224 с.
2. Семенова Н.В. Методы поиска гарантирующих и оптимистических решений задач целочисленной оптимизации в условиях неопределенности данных // Кибернетика и систем. анализ. – 2007. – № 1. – С. 103–114.
3. Акинфиев В.К., Жаров Т.М. Методы формирования программ развития крупномасштабных систем с учетом факторов неопределенности и риска // Автоматика и телемеханика. – 1991. – № 8. – С. 155–166.
4. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации. – К: Наук. думка, 1988. – 471 с.
5. Kelley I.E. The cutting plane method for solving convex programs // SIAM J. – 1960. – 8. – P. 703–712.

Сергієнко М.П.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,  
кафедра теорії ймовірностей, статистики та актуарної математики  
e-mail: [koljasergienko@gmail.com](mailto:koljasergienko@gmail.com)  
тел.: 0937630015

## МЕТОД МАЖОРУЮЧИХ МІР ДЛЯ ДЕЯКИХ ЕКСПОНЕНЦІЙНИХ ПРОСТОРІВ ОРЛІЧА

Розглянемо метод мажоруючих мір для простору Орліча експоненційного типу, породженого С-функцією  $U(x) = e^{|x|^\alpha} - 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1$ .

**Означення 1.** Нехай  $(T, U, \mu)$  вимірний простір зі скінченною мірою. Простір  $L_U^\mu(T)$  вимірних функцій на  $(T, U, \mu)$  таких, що для будь-якої  $f \in L_U^\mu(T)$  існує константа  $r_f$  для якої  $\int_T U\left(\frac{f(t)}{r_f}\right) d\mu(t) < \infty$  називається простором Орліча. Простір  $L_U^\mu(T)$  є Банаховим простором з нормою  $\|f\|_{U,\mu}^T = \inf\{r > 0: \int_T U\left(\frac{f(t)}{r}\right) d\mu(t) \leq 1\}$ .

**Означення 2.** Неперервна парна опукла функція  $U(x)$ ,  $x \in \mathbf{R}$  називається С-функцією Орліча, якщо вона монотонно-неспадна при  $x > 0$  і  $U(0) = 0$ .

**Теорема** Нехай  $U(x) = e^{|x|^\alpha} - 1$ ,  $0 < \alpha \leq 1, x > 0$  і

$$V(x) = \begin{cases} y(\ln y - 1) + 1, & y > 0; \\ 0, & 0 < y \leq 1. \end{cases}$$

Нехай  $f = \{f(t), t \in T\}$  це функція з простору  $L_U^\mu(T)$ . Тоді має місце наступна нерівність

$$\int_T |f(t)\varphi(t)| d\mu(t) \leq 2\|f\|_{U,\mu}^T * \|\varphi\|_{V,\mu}^T$$

### Література

1. V.V. Buldygin, Yu.V. Kozachenko. Metric characterization of random variables and random processes. // American Mathematical Society, Providence, Rhode Island — Vol. 188.
2. Yu.V. Kozachenko, O. Moklyachuk. Large deviation probabilities in terms of majorizing measures // ROSE.— 2003. — Vol. 11, no. 1. — P. 1–20.
3. T. Fedoryanich. Estimator of covariance function for Gaussian stationary stochastic process and Gaussian random field // Theory of Stochastic Processes. — 2003, no. 3-4. — P. 20–26.
4. Sergiienko, M.P. How to test hypothesis concerning the form of covariance function of Gaussian stochastic process / M.P. Sergiienko // Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. — 2013. — Vol. 3. — P. 15–18.

**Сергієнко І.В., Задірака В.К., Бабич М.Д.**

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, zvk140@ukr.net  
Український державний університет фінансів та міжнародної торгівлі, Київ,  
e-mail [myhailo.babych@gmail.com](mailto:myhailo.babych@gmail.com)

**ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБЧИСЛЕНЬ (ПОО-41)  
(Координаційна нарада щодо проведення  
наукового форуму міжнародної школи-семінару (ПОО-42))**

Зародження наукового форуму «Питання оптимізації обчислень», практично відбулося весною 1968 року в Ужгороді на Республіканській науковій конференції з обчислювальної математики, в якій приймало участь багато науково-дослідних та навчальних закладів колишнього Радянського Союзу. На одному із її заключних засідань учасники конференції згенерували думку про доцільність регулярного проведення з обчислювальної математики більш широкого наукового форуму, де крім науково-педагогічних доповідей була б можливість дискутувати щодо навчально-методичних положень і планів з цих питань. Було запропоновано очолити такий форум Інституту кібернетики АН УРСР, який на той час мав належний науковий потенціал і матеріально технічну базу. Офіційну згоду на проведення таких наукових форумів (симпозіумів, конференцій, шкіл, семінарів) науково – навчального типу з обчислювальної та прикладної математики керівництво Інституту дало в кінці 1968 року. З того часу було проведено 40 наукових форумів ПОО [1].

Із 30-го вересня по 4 жовтня 2013 року у Будинку творчості учених (БТУ) «Кацивелі», (Крим) було проведено Міжнародну наукову конференцію «Питання оптимізації обчислень» (ПОО-40), присвячену 90- річчю від дня народження академіка В.М.Глушкова [1].

На заключному засіданні конференції було прийнято рішення, один із пунктів якого звучав так: Наступний Науковий форум (НФ) «Питання оптимізації обчислень» провести у 2015 році. Пропозиції щодо наукового характеру цього форуму, місця, форми його проведення та інші питання, пов'язані з ним, оргкомітету підготувати і на координаційній нараді (ПОО-41) в рамках проведення Міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень» на секції «Оптимізація обчислень» доповісти, обговорити і прийняти відповідні рішення. Такий план дій оргкомітету наукового форуму (ПОО-41) був прийнятий, оскільки тематика з оптимізації обчислювальних алгоритмів пов'язана з прийняттям рішень і їх практичною реалізацією.

У зв'язку з цим Оргкомітет наукового форуму ПОО-41 підготував такі пропозиції:

1. НФ ПОО-42 назвати Міжнародна Школа – семінар «Питання оптимізації обчислень».
2. Присвятити його 85- річчю від дня народження академіка В.С.Михалевича, який був одним із організаторів і керівників наукового форуму «Питання оптимізації обчислень».
3. Місце проведення наукового форуму Оргкомітет рекомендує Київ або Закарпаття.
4. Передбачити лекції як з теоретичних питань оптимізації обчислень, так і по практичній реалізації отриманих результатів.
5. Звернути увагу на практичні результати оптимізації та їх область застосування.
6. Передбачити у програмі секцію «Системний аналіз і теорія прийняття рішень».

Останній пункт програми (ПОО-42) оргкомітет вніс у зв'язку з тим, що питання прийняття рішень тісно пов'язано із оптимізацією обчислювальних алгоритмів наближеного розв'язування нелінійних задач, що відображають математичні моделі всіляких природничих явищ та технологічних процесів. Такі нелінійні задачі можуть мати багато розв'язків, кожен з яких в тому чи іншому розумінні характеризує певний стан або геометрію досліджуваного явища або створюваного технологічного процесу. Оптимізація складових елементів таких явищ та процесів дає можливість вибирати за заданим критерієм найкращий варіант.

Результати обговорення наведених питань і прийняті по ним рішення будуть опубліковані в журналі «Кибернетика и системный анализ».

**Література**

1. Сергиенко И.В., Задирака В.К., Бабич М.Д. Международная научная конференция (ВОВ-40)//Кибернетика и системный анализ.- 2014.-№1.

Сергієнко І.В. \*, Шило В.П. \*, Чупов С.В. \*\*

\* Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України,

\*\* ДВНЗ "Ужгородський національний університет"

v.shylo@gmail.com, sergey.chupov@gmail.com

## РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО МАКСИМАЛЬНИЙ ЗВАЖЕНИЙ РОЗРІЗ ГРАФУ

Розглядається наступна задача про максимальний зважений розріз графу (WMAXCUT), яка має багато практичних застосувань. Нехай задано неорієнтований граф  $G = G(V, E)$  з множинами вершин  $V$  і ребер  $E$ . Кожному ребру  $(i, j) \in E$  графу відповідає вага  $w_{ij} > 0$ . Розрізом графу  $G$  називається розбиття  $(V_1, V_2)$  множини  $V$  його вершин на дві непересічні підмножини  $V_1$  і  $V_2$ , такі, що  $i \in V_1, j \in V_2$ . Очевидно, що будь-яке таке розбиття породжує розріз графу. Задача про максимальний зважений розріз неорієнтованого графу  $G$  полягає у знаходженні розрізу максимальної сумарної ваги  $w(V_1, V_2) = \sum_{i \in V_1, j \in V_2, (i, j) \in E} w_{ij}$ .

Оскільки розглядувана задача є NP- важкою, основною проблемою при її розв'язанні є експоненціальне зростання обчислювальних затрат при збільшенні розмірності. Ефективне розв'язання таких задач можливе тільки на паралельних комп'ютерах. Це потребує створення принципово нових підходів до розв'язання задач WMAXCUT та відповідних програмних засобів. У даній роботі розглядаються питання розпаралелювання процесу розв'язання задачі WMAXCUT з використанням портфеля та команди стохастичних алгоритмів глобального рівноважного пошуку (GES) [1–3].

Припустимо, що є множина алгоритмів  $A = \{A_1, \dots, A_m\}$  і  $P$  доступних паралельних процесорів. Кожен процесор може використовуватися одним алгоритмом множини  $A$ . Крім того, один і той самий алгоритм можна використовувати на різних процесорах (при розпаралелюванні його копій). Копією стохастичного алгоритму, випадкова поведінка якого визначається генератором псевдовипадкових чисел, називатимемо варіант такого алгоритму, що отримується при одному початковому значенні генератора. При різних початкових значеннях генератора створюватимуться різні копії початкового алгоритму. Вони дають можливість знаходити розв'язки, що відрізняються між собою.

Список алгоритмів  $A_i$  із зазначенням кількості  $n_i, i = 1, \dots, m$ , використовуваних ними процесорів будемо називати портфелем алгоритмів *portfolio*  $\{n_1 A_1, \dots, n_m A_m\}$  для  $P$  процесорів,

$$\text{де } P = \sum_{i=1}^m n_i.$$

Відзначимо, що алгоритми, що входять у портфель, не обмінюються інформацією і працюють незалежно один від одного.

Під командою алгоритмів будемо розуміти множину алгоритмів, які обмінюються між собою інформацією. У цьому полягає відмінність команди від портфеля алгоритмів. У команду входить і управляючий алгоритм, який здійснює вибір підмножини алгоритмів для проведення оптимізації, складання схеми обміну інформацією між ними, можливе коректування вибраної схеми в залежності від ходу розв'язку і, нарешті, проведення необхідної заміни алгоритмів у процесі оптимізації. Алгоритм команди повинен уміти, перш за все, сприймати інформацію, використовувати її.

Слід зазначити, що окрім обчислювальної ефективності головною перевагою методу глобального рівноважного пошуку є його командні властивості, під якими розуміємо здатність методу ефективно використовувати розв'язки, отримані іншими алгоритмами. Обмін інформацією дає можливість посилити кращі якості алгоритму, що призводить як до зменшення часу рахунку, так і до поліпшення якості розв'язку. В цьому випадку ключовим є

питання про інформацію. Якою інформацією повинні обмінюватися алгоритми, щоб досягти найкращого результату? Взагалі кажучи, питання про інформацію дуже не тривіальне. Неправильно думати, що обмін будь-якою інформацією корисний. Для певних алгоритмів необхідно забувати, табувати отриману інформацію. Надлишок інформації, що передається, може бути так само шкідливий, як і відсутність обміну інформацією.

Останнім часом авторами розроблено серію алгоритмів GES нового покоління та відповідне програмне забезпечення, за допомогою яких розв'язувалися задачі WMAXCUT дуже великої розмірності. Характерною особливістю цих алгоритмів є проведення осциляції на основі методології Path Relinking [4] навколо найкращого знайденого розв'язку  $x_{best}$ .

Проведено порівняльне дослідження рекордів, знайдених алгоритмами GES та алгоритмом BLS [5]. (Слід зазначити, що на період публікації роботи [5] алгоритм BLS був кращим для задачі WMAXCUT). Розв'язувалися відомі у світовій літературі тестові задачі, які раніше не розглядалися авторами. Для всіх 17 задач алгоритмами GES знайдено нові рекорди, при цьому високу ефективність показав алгоритм GESPR. Таким чином, на даний період часу алгоритми GES є кращими для задачі WMAXCUT.

При проведенні досліджень з використанням портфеля і команди алгоритмів GES для розпаралелювання процесу розв'язання двох задач WMAXCUT G77 і G81 з числом вершин графу відповідно 14000 і 20000 було вибрано портфель, що складається з чотирьох копій алгоритму GESPR. Отримані за допомогою портфеля чотирьох копій алгоритму GESPR результати послужили свого роду рівнем для трьох команд алгоритмів, також складених з копій цього алгоритму.

Аналіз отриманих результатів показав, що для обох задач за допомогою портфеля і трьох команд алгоритмів GES при всіх спробах знайдено розв'язки, значення цільової функції яких не гірші, ніж раніше відомі рекорди (9926 для задачі G77 і 14030 для G81)[5]. Але головним результатом цих експериментів є те, що всі три команди алгоритмів показали результати кращі, ніж портфель алгоритмів.

Отримані результати свідчать про перспективність досліджень зі створення команд алгоритмів дискретної оптимізації. У подальшому планується вдосконалення алгоритмів для створення команд. Крім того, актуальною є розробка нових схем обміну інформацією, управляючих програм для команд, складу даних, якими будуть обмінюватись алгоритми. І, звичайно, необхідно збільшувати кількість алгоритмів у командах, проводити обчислювальні експерименти на багатопроцесорних комплексах.

## Література

1. Шило В.П. Метод глобального рівновесного пошука // Кибернетика и систем. анализ. – 1999. – № 1. – С. 74–81.
2. Сергиенко И.В., Шило В.П. Задачи дискретной оптимизации: проблемы, методы решения, исследования. – Киев: Наук. думка, 2003. – 262 с.
3. Шило В.П., Шило О.В., Рошин В.А. Метод глобального равновесного поиска решения задачи о максимальном взвешенном разрезе графа // Кибернетика и систем. анализ. – 2012. – № 4. – С. 101–105.
4. Glover F., Laguna M., Marti R. Fundamentals of scatter search and path relinking // Control and Cybernetics. – 2000. – 39. – P. 653–684.
5. Benlic U., Hao J.K. Breakout local search for the Max-Cut problem // J. Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2013. – 26(3). – P. 1162–1173.

**ОСОБЕННОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

Предотвращение аварий и чрезвычайных происшествий (ЧП) на потенциально опасных объектах (ПОО) является одной из наиболее актуальных задач в сфере обеспечения техногенной безопасности. Предотвращение опасных событий включает в себя: оценку опасности текущих ситуаций; прогнозирование опасных событий; анализ ситуаций; регулирующие мероприятия, направленные на недопущение реализации опасных событий [1].

Оценка текущих ситуаций выполняется по результатам мониторинга контрольных (определяющих) параметров. Выход определяющих параметров за допустимые пороги характеризует степень опасности контролируемой ситуации: является ли ситуация штатной, чрезвычайной или аварийной. Прогнозирование включает в себя вычисление вероятности возникновения аварий и ЧП на заданном интервале времени (прогнозном горизонте) и оценку степени опасности. Анализ опасности включает в себя: выявление слабых мест в структуре ПОО; вычисление значимостей (важности) различных нежелательных событий, возникающих на ПОО и цепочек событий; выявление причинных факторов, имеющих доминирующее влияние на возникновение аварии [1]. Регулирование включает в себя распознавание контролируемой ситуации, формирование вариантов решений, принятие решения и контроль исполнения [2,3].

Существенной особенностью регулирования, выполняемого при мониторинге определяющих параметров, является следующее обстоятельство. Время между обнаружением опасности и моментом принятия решения по предотвращению развития опасности объективно ограничено [2]. Во многих случаях для принятия достоверного и четкого решения требуется больше времени, чем это позволяет реальная обстановка на ПОО. Качественное, но несвоевременное решение не имеет смысла. Своевременное решение нередко является недостаточно адекватным т.к. принято на основании существенной нечеткости и неопределенности данных. Негативные последствия данного противоречия могут быть уменьшены: (а) введением в технологию обеспечения безопасности процедур прогнозирования аварий и ЧП; (б) предварительной подготовкой и использованием сценариев реагирования на внештатные ситуации. Наиболее продвинутой технологией предотвращения опасности реализована на атомных электростанциях (АС). Теоретической основой безопасности АС является вероятностный анализ безопасности (ВАБ) [4]. ВАБ позволяет представить вероятность аварии как аналитическую функцию, у которой аргументами являются вероятности базисных событий (БС). БС – это элементарные нежелательные события, сочетание которых может приводить к авариям и ЧП. БС представляют собой: отказы технических оборудования и систем; ошибки персонала; нежелательные события, которые являются внешним по отношению к ПОО. и Вероятности БС вычисляются средствами ВАБ на основе локальной статистики БС на конкретных ПОО. В результате, используя статистику БС на элементах ПОО, можно вычислять прогнозные значения аварий на заданном прогнозном горизонте. Это позволяет предвидеть опасность и своевременно выработать адекватные решения по ее предотвращению.

Дополнительно к ВАБ в Институте проблем математических машин и систем НАНУ разработана методика вычисления вероятности БС на основе причинных факторов опасности [5]. Это дает возможность, проводя мониторинг причинных факторов опасности, прогнозировать возникновение опасности. Причинные факторы техногенной опасности могут быть разделены на классы: внешние (природные; материальное обеспечение, инфраструктура); внутренние факторы, характеризующие оборудование ПОО; человеческий фактор. Последний фактор наиболее трудно формализуем и вносит значительный вклад в возникновение опасности.

Подготовка предварительных вариантов решений (сценариев реагирования) состоит из двух шагов: (а) предварительно выполняется классификация ситуаций; (б) для каждого класса формируется сценарий регулирования, который включает в себя набор мероприятий по предотвращению нежелательных событий .

Использование сценариев [6]. В случае, когда в результате мониторинга или прогноза обнаруживается внештатная ситуация, выполняется: (а) блок анализа контролируемой ситуации; (б) распознавание ситуации (определение класса); (в) выбор мероприятий, которые соответствуют данному классу; (г) ранжирование перечня мероприятий по критерию срочности их выполнения и выдача его лицу, принимающему решения (ЛПР). Дополнительно для ЛПР выдается результат блока анализа ситуаций.

### Литература

1. Панкратова Н.Д., Курилин Б.И. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем. Ч.2. 2001, №2, с. 108-126.
2. Механика катастроф/ Ред. акад. К.В.Фролова, М., 1995, 389 с.
3. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков. М. : Изд. Академия, 2008. — 368 с.
4. Бегун В.В., Горбунов О.В., Каденко И.Н. и др. Вероятностный анализ безопасности атомных станций. Киев, Министерство образования и науки, 2000, 565 с.
5. Serebrovsky O.M. Hazard control technology for situation monitoring at potentially hazardous facilities. Journal of Scientific Research & Reports, 3 (18): 2382-2394,2014; Articl no. JSRR. 2014.18.001.
6. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М: Наука, 1990, 272 с.



## МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В ОРГАНІЗАЦІЇ, КЕРОВАНОВОГО ПЕРЕВАГАМИ

Глобалізація інноваційних процесів та зростання очікувань груп впливу (стейкхолдерів) щодо їх результатів за умов дедалі слабшої прогнозованості перебігу – наразі зумовлюють появу новітніх концепцій управління змінами в організації, зорієнтованих на стійке ресурсно ефективне створення споживацької цінності для всіх її стейкхолдерів. Серед них важливе місце займає Управління перевагами (Benefits Management, далі – ВМ), розвинуте Асоціацією проектного менеджменту (APM) Великої Британії [1] насамперед для державних неприбуткових організацій.

Сутність ВМ – розгортання процесу реалізації потенційних *переваг* від досягнення стратегічних цілей організації (далі – процесу ВМ) завдяки проактивному прийняттю узгоджених і обґрунтованих “вкладених” організаційних рішень (ОР) щодо портфелів потрібних змін. Перевага – наслідок змін, бажаний для певних стейкхолдерів, що не є небажаним для жодного з них.

Аналіз методичного базису ВМ [1] висвітлює критичні вимоги до вкладених ОР:

- 1) стабільно висока якість, трактована як відповідність результатів очікуванням;
- 2) відстежуваність безпосередніх та опосередкованих наслідків;
- 3) забезпечення багаторазового використання досвіду прийняття ОР;
- 4) адаптованість до змін корпоративної архітектури організації;
- 5) ведення середовища адекватної консультативної підтримки дій з вироблення ОР;
- 6) підтримка кількісної оцінки результативності й економічної ефективності процесу

ВМ.

Надана модель керованого перевагами процесу прийняття ОР згідно з 1)-6) (ПР) розвиває авторську модель процесу управління ОР в онтологічному середовищі [2] в руслі “проектного” підходу до ОР, створеного в Університеті Стенфорда для формалізації й контролю їх якості [3].

Саме, пропонується подання окремого ОР у ПР парю, що поєднує:

– спеціальний *вирішувачий* проект [3], артефакти якого – проблемна ситуація, придатні до виконання альтернативи, вірогідна інформація для їх оцінювання, обґрунтовані оцінки й наслідки, а результат – Дія щодо зміни (створення/ліквідації включно) елементів корпоративної архітектури організації і План для неї, прийнятні для всіх потенційних виконавців ОР;

– традиційний *виконуючий* проект, їх програму або портфель, які реалізують Дію за Планом, продукуючи оцінки показників динаміки результативності й економічної ефективності ОР.

Процес ПР подається низкою уніфікованих мета-раундів, виконуваних агентами з фіксованою множиною ролей *RL* [3] в єдиному інформаційному середовищі *DE*, яке поповнює середовище [2] концептами Перевага, Портфель, Програма, Проект. Мета-раунд поєднує низку цільових раундів і сервісні операції ініціалізації/актуалізації, за результатами попереднього мета-раунду, відповідно *DE (EA)* та умов початку цільових раундів і завершення мета-раунду (*CA*).

Цільовий раунд включає виявлення потенційних переваг (*B*), проактивне виконання для них портфелів вирішувачих проектів (*PF(b)*,  $b \in B$ ), можливо, вироджених у програми чи окремі проекти, і реалізацію вироблених Планів дій виконуючими проектами, їх програмами чи портфелями (*PF\*(b)*,  $b \in B$ ). Умови початку цільового раунду задає предикат (*BC*) на елементах *DE* та показниках результативності й економічної ефективності попередніх раундів (за промовчанням, *BC* – реалізація всіх поточних переваг). Умови завершення мета-раунду встановлює предикат (*TC*), що описує передбачені прояви критичної неадекватності *DE* поточним потребам ПР.

Запропоновані моделі мета-раунду (*MM*) і його цільового раунду (*TM*) ПР – це кортежі

$MM=\langle RL, DE, \langle EA, CA \rangle, \langle TC, BC \rangle, TM, \langle DQ, PQ \rangle \rangle$ ;  $TM=\langle ST, CM \rangle$ ,  $CM=\langle bn; pr; \langle PF(b); PF^*(b), b \in B \rangle \rangle$ ; (1)

де  $DQ$  – профілі класів організаційної компетентності за моделлю IPMA Delta [4] для вирішуваних і виконуваних проектів;  $PQ$  – профілі зрілості за моделлю РЗМЗ АРМ [1] для цих проектів, їх програм і портфелів;  $ST$  – рамкові постановки задач, багаторазово розв’язуваних для експертно-аналітичної підтримки операцій раунду;  $CM$  – підмодель координації операцій. Це трирівневий граф, де вершини – різнотипні вирішувачі (див. табл. 1) й відповідні їм виконувани проекти, а зв’язки фіксують їх одночасне або послідовне виконання (позначене в (1) символом “;”).

Таблиця 1 – Основні типи вирішуваних проектів у процесі ВМ

| Рівень                                     | Опис вирішуваних проектів певного типу   |
|--|--|
| Стратегічний (виконання Дії – 15-20 років) | 1. Виявлення складу і взаємозв’язків переваг, зумовлених стратегічними цілями ( $bn$ )<br>2. Встановлення пріоритетів переваг ( $pr$ )<br>3. Планування структури, ресурсів, системи індикаторів перебігу підпортфеля виконуваних проектів для виявленої переваги, яка безпосередньо декомпозує ціль   |
| Оперативний (5 років)                      | 4. Планування складу команди підпортфелю виконуваних проектів до його реалізації<br>5. Уточнення стратегічних рішень і складу команди для підпортфелю виконуваних проектів за поточними результатами його реалізації<br>6. Планування структури, ресурсів, системи індикаторів виконання програми, виділеної в підпортфелі виконуваних проектів ОР стратегічного рівня, до її реалізації<br>7. Уточнення структури, ресурсів, індикаторів за поточними результатами її виконання<br>8. Планування структури, ресурсів, системи індикаторів виконання, складу команди проекту, виділеного в підпортфелі або програмі виконуваних проектів, до його реалізації |
| Тактичний (до 1 року)                      | 9. Уточнення оперативних рішень для виконувачого проекту за результатами реалізації<br>10. Планування елементів операційної діяльності в підпортфелі виконуваних проектів  |

Середовище  $DE$  в (1) поєднує: онтологію корпоративних знань щодо предметної області процесу ПР, локалізованих у вкладених онтологіях Рішень, Організації, її Цільової діяльності та Інформації за допомогою фреймової моделі абстрактних класів Н.Ной [2]; онтологічно базовані рамкові когнітивні карти [2] ситуації прийняття окремого ОР (чітку й нечітку); онтологічно керувану ретроспективу результатів ПР. Її подано інтегрованими Протоколами мета-раундів, що структуровані згідно з  $CM$  (1). В їх складі елементарний протокол вирішувачого проекту фіксує формальні описи [2] його артефактів з оцінками їх якості за моделлю [3], а протоколи відповідних йому виконуваних проектів – оцінки ефективності виконання ОР. Множина  $ST$  включає постановки задач експертно-аналітичного оцінювання, оптимізації, ідентифікації структури багатомірних даних та аналізу когнітивних карт: стійкості перебігу вирішувачого проекту, аналізу впливів ОР, прогнозу розвитку ситуації, пошуку управлінських впливів із заданим ефектом.

Підтримка вимог 1)-6) за допомогою портфельної моделі (1) сприяє “вірному” (з максимальним забезпеченням якості й повно-аспектного моніторингу наслідків) прийняттю “вірних” (націлених на реалізацію всіх потенційних переваг) організаційних рішень та, як наслідок – стійкому зростанню обсягів створюваної цінності. Заміна в моделі (1) переваг стратегічними цілями уможливує її застосування і до тих інноваційних процесів, де (поки що) відсутнє ВМ, але життєво необхідне задоволення різноаспектних очікувань стейкхолдерів. Типовими прикладами останніх в Україні, що “протилежні” за предметною областю перебігу, є наразі управління фундаментальними дослідженнями і реформування Збройних Сил. Розвиток та апробація для них створеної моделі на підставі результатів [5] – предмет подальших досліджень авторів.

## Література

1. Jenner S. Managing Benefits. New Guidance and Certification Scheme from APMG-International. – Stationery Office, 2012. – 297 p. – Режим доступу: <http://www.apm.org.uk>.
2. Слабостицкая О.А. Модель процесса управления организационными решениями – Тез. доповідей 8 Міжнар. наук.-практ. конф. МОДС 2013 – Чернігів-Жукин, 2013 – С. 190-194.

3. Сайт “Society of Decision Professionals” – Режим доступа: <http://www.decisionprofessionals.com/>.
4. IPMA OCB 1.0. The Standard moving organizations forward. – IPMA, 2013. – 67 p.
5. Ильина Е.П., Слабоспицкая О.А., Синицын И.П., Яблокова Т.Л. Автоматизированная поддержка принятия решений по управлению программами фундаментальных научных исследований с использованием экспертной методологии. Препринт ИПС НАНУ. – Киев, 2010. – 94 с.

Сіпко О.М., Котик О.В.

Черкаський державний технологічний університет  
sipko888@gmail.com**ВРАХУВАННЯ ВИМОГ СТУДЕНТІВ І ВИКЛАДАЧІВ В ЗАДАЧІ СКЛАДАННЯ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ**

Для вищих навчальних закладів України розробка загальних підходів, методології формування розкладів занять – одна з найважливіших проблем оптимізації навчального процесу. Динаміка вимог роботодавців, постійна зміна законодавчої основи, скорочення матеріальної бази та збільшення кількості спеціальностей призводить до необхідності оптимізації процесу використання кадрового потенціалу, аудиторного фонду та економії енергетичних ресурсів. Ще одним важливим фактором є значна кількість суб'єктів навчального процесу, зацікавлених у якісному вирішенні задачі складання розкладів, до яких відносяться викладачі, студенти, адміністративні співробітники.

Основними суб'єктами, для яких складається розклад, є студенти та викладачі. Дуже важливо створити розклад, який задовольняв би їх вимоги. Оскільки у такому випадку присутні суб'єктивні оцінки в композиції з об'єктивними даними, то формування такої функції є слабо структурованою задачею. Формування цільової функції і обмежень вже були запропоновані раніше [1]:

$$F(r) = \alpha_s \sum_{j=1}^l x_j \chi \{Z_j^v\} + \sum_{j=1}^K y_j \sum_{i=1}^M \chi \{L_i \in T_j\} \sum_{l=1}^{n_i} d_{il}^j \cdot \chi \{Z_{il}^{T_j}\} \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$r \in \Omega(P, S, L, A), \quad (2)$$

де  $r$  – розклад,  $\alpha_s, \alpha_L$  – вагові коефіцієнти, що вказують на пріоритети викладачів і студентів як суб'єктів навчального процесу,  $x_j$  – пріоритети вимог студентів і викладачів,  $Z_j^v$  – вимоги груп студентів,  $L_i$  – викладачі,  $T_j$  – групи викладачів,  $Z_{il}^{T_j}$  – переваги викладачів,  $d_{il}^j$  – пріоритети таких переваг,  $l$  – кількість вимог студентів,  $K$  – кількість груп викладачів, які визначаються їх посадами, науковими ступенями та вченими званнями,  $M$  – кількість викладачів,  $n_i$  – кількість викладачів в  $i$ -й групі,  $\Omega$  – область обмежень,  $P, L, A$  – множина навчальних дисциплін, викладачів і аудиторій, відповідно.

У задачі (1)-(2) враховано значення колективів студентів і викладачів як деяких сукупностей, а також інтереси студентських груп та окремих викладачів з урахуванням їх посад, ступенів і звань. Враховуючи попередній досвід і тенденції ми пропонуємо пошук ефективного розкладу здійснювати, використовуючи еволюційні технології. Розробивши структуру потенційного рішення і використовуючи цільову функцію з (1), можна оцінити його перспективність. Але, на відміну від багатьох оптимізаційних задач, обчислення значень цільової функції, так само як і перевірка виконання обмежень (2), є тривалим і ресурсоємним. Метод оптимізації цільової функції більш детально буде описаний в доповіді.

Запропонований метод формування розкладу в університеті, який базується на розробці та використанні цільової функції, в основі якої лежать вимоги викладачів і студентів має значні переваги. Зокрема, цільова функція має комплексний характер, в якій враховані побажання суб'єктів навчального процесу, вона є відкритою для внесення доповнень і змін. Запропонований підхід не дозволяє гарантувати отримання оптимального рішення, він спрямований на пошук розкладів, ефективність яких можна порівняти, і, відповідно, вибрати найкращий з них.

**Література**

1. Снитюк В.Є. Аспекти формування цільової функції в задачі складання розкладу занять у ВНЗ / В.Є. Снитюк, О.М. Сіпко // Матеріали ІХ міжн. наук-практ. конф. «Математичне та імітаційне моделювання систем, МОДС 2014». – 2014. – С. 349-352.

## ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ ПРОГРАМНИХ СИСТЕМ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Запропоновано підхід до побудови програм і програмних систем, призначених для розв'язання задач дискретної оптимізації, що ґрунтується на застосуванні технології об'єктно-орієнтованого програмування (ООП). Програма розглядається як сукупність дискретних об'єктів, що складаються з наборів структур даних і процедур, які взаємодіють з іншими об'єктами.

Спираючись на принципи ООП у побудові програмних систем [1,2], визначаємо клас, який буде описувати дані і функції їх обробки. Клас – це тип даних, що складається з параметрів об'єкта (властивостей) та методів (дії над об'єктом або дії об'єкта). Визначимо програмний модуль (системний або функціональний) як незалежну програмну одиницю, яка є функцією обробки даних (методом) та параметри функції, що описують властивості набору даних, з яким програмний модуль працює. Відзначимо також, що зміна оточення модуля не вимагає зміни його самого [3].

Характерною рисою об'єктів у ООП є інкапсуляція даних і алгоритмів їх обробки. Використання онтологій [4] дає можливість виділити деякий клас: множину об'єктів однакової структури, поведінки, які є набором засобів для розв'язання оптимізаційних задач одного класу.

Специфіка методів розв'язання задач дискретної оптимізації полягає в тому, що вони, як правило, мають ітераційний тип. Визначивши деякі оціночні критерії обчислень (події) – додаткові властивості згаданих вище об'єктів, задачу можна розв'язувати за допомогою композиції декількох методів. При цьому вихідні дані одного методу можуть бути вхідними для іншого.

Запропоновано підхід до побудови специфікацій програмних модулів. Його ідея полягає в тому, що програми системної частини визначають метод розв'язання задачі, генерують для нього список параметрів, здійснюють введення або генерацію даних, передають управління програмі, що реалізує даний метод. Особливістю такої реалізації є те, що на час функціонування програмної системи створюється таблиця параметрів, в якій зберігається опис параметрів методу.

Управління обчислювальним процесом пропонується організувати за допомогою керуючого вектора. Використовуючи опис методу та інформацію з таблиці параметрів, ядро програмної системи передає управління методу обробки даних, чекає завершення його роботи, виникнення деякої події чи вказівок користувача. Механізм реалізації зв'язку з методами реалізується в два етапи: включення модуля в програмну систему і функціонування програмної системи [5].

На першому етапі створюється програма-надбудова, яка проводить налаштування параметрів модуля, формує головний модуль і записує його в спільну бібліотеку (\* .dll). Опис об'єкта додається до бібліотеки типів даних (\* .tlb).

На другому етапі ядро системи за описом методу визначає його ім'я, формує необхідний набір властивостей об'єкта і ініціює його виконання. Контроль за ходом процесу здійснюється на основі властивостей об'єкта, які визначають умови виконання методу (часовий інтервал, кількість ітерацій алгоритму, досягнення заданого значення цільової функції та ін.). Результатом виконання умов можуть бути наступні дії: зупинка процесу, продовження обчислень, застосування іншого методу тощо.

Реалізований у програмній системі механізм управління процесом обчислень у частині узгодження роботи методів за параметрами модулів та їх функціонуванням дозволяє будувати з набору наявних методів більш складні схеми алгоритмів для розв'язання оптимізаційних задач одного класу. Якщо розглядати різні способи виконання методів (послідовний, розгалуження,

цикл), то алгоритм побудови таких структур зручніше за все описувати за допомогою орієнтованого графу [6]. Вузлами графу будуть методи, а дугами – інформаційні зв'язки між ними. На практиці такий підхід означає побудову алгоритму аналогічного за своїми функціями інтерпретатору, який за набором методів і графом зв'язків між ними буде ланцюг методів [7].

Запропонований підхід, який є розвитком модульного підходу до побудови програмних систем, використовує більш потужні засоби ООП, його властивості успадкування та поліморфізму. Застосування поняття онтології при розробці інформаційних систем дає можливість абстрагувати описи класів об'єктів, зокрема опис їхніх властивостей, методів обробки та аналізу подій; дозволяє будувати більш структуроване програмне забезпечення як в частині предметного наповнення, так і при побудові інтерфейсу користувача таких систем. Використання бібліотек типів даних і динамічно підвантажуваних бібліотек методів робить програмне забезпечення сумісним з іншими програмами та системами.

### Література

1. *Р. Лафоре*. Объектно-ориентированное программирование в С++. 4-е издание. – Питер, 2006. – 922 с.
2. *Гради Буч*. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. – Бином, 1998. – 560 с.
3. *Парасюк И.Н., Сергиенко И.В.* Пакеты программ анализа данных: технология разработки. – М., 1988. – 160 с.
4. *Gruber T.R.* A translation approach to portable ontologies. // Knowledge Acquisition. 1993. N 5 (2).
5. *Скукис А.Е.* Объектно-ориентированный подход к построению программных систем для решения задач дискретной оптимизации // Компьютерная математика. 2007, № 2. - С. 80-85.
6. *Перевозчикова О.Л., Ющенко Е.Л.* Системы диалогового решения задач на ЭВМ. - Киев: Наук. думка, 1986. - 240 с.
7. *Калита А.В., Парасюк И.Н., Проватарь А.М.* Принципы автоматизированного построения программных систем анализа данных на ПЭВМ // Технология и методы решения задач прикладной математики. - Киев: Ин-т кибернетики им.В.М.Глушкова АН Украины, 1991. - С. 35-40.

## **СИСТЕМНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРОЖИВАННЯ ЛЮДИНИ**

Навколишнє середовище перебуває під постійним антропогенним впливом, який з кожним роком посилюється, і має як позитивні, так і негативні наслідки. Останнє десятиліття відзначене зростанням виробництва у хімічній, металургійній та енергетичній промисловості, розшаруванням населення за рівнем доходів та зовнішніми загрозами. Прагнення до збільшення норми прибутку, в більшості випадків, призводить до погіршення умов праці людей, безпеки виробництва та екологічної ситуації. Аварії та пожежі на відповідних об'єктах і у житловому секторі спричинюють екологічні та техногенні катастрофи, наслідками яких є людські жертви, значні матеріальні збитки та забруднення довкілля. Такі катастрофи супроводжуються критичністю процесів прийняття рішень, невизначеністю початкових даних та сценаріїв можливих дій. Зауважимо, що, найчастіше, аварії та катастрофи призводять до пожеж і(або) хімічного забруднення навколишнього середовища.

Мінімізувати негативні наслідки можна шляхом розробки моделей можливих процесів, проведення моделювання та визначення переліку можливих дій у випадку їх настання. Більш детально задачі підвищення ефективності процесів прийняття рішень в критичних умовах при пожежах чи хімічних аваріях можуть бути зведені до таких:

### **1. Формалізація параметрів об'єктів та рівня їх пожежної і хімічної безпеки:**

- виконати формалізацію параметрів об'єктів та формалізувати і здійснити математичні постановки задач оцінки його рівня пожежної безпеки;
- класифікувати фактори, що впливають на рівень пожежної безпеки об'єкта за аспектами безпеки людей та матеріальних втрат;
- формалізувати задачі визначення оптимальної кількості пожежних сповіщувачів та оптимізації структури систем пожежної сигналізації будівель та споруд;
- визначити структуру вихідної інформації та здійснити формалізовані постановки і розв'язати задачі ідентифікації залежностей кількості пожеж у багатоквартирних житлових будинках від поверху і параметрів, що впливають на виникнення пожежі;
- виконати формалізовану постановку задачі ідентифікації концентрації небезпечних хімічних речовин у часі як залежності від зовнішніх факторів та визначити особливості її розв'язання.

### **2. Структурна та параметрична ідентифікація моделей:**

- здійснити ідентифікацію залежності між людськими і матеріальними втратами та помилками особового складу при пожежогасінні;
- виконати структурну та параметричну ідентифікацію моделей часу та маршруту поширення вогню в умовах невизначеності;
- розробити моделі для визначення часу спрацювання пожежних сповіщувачів з використанням експертних висновків одного або декількох експертів, а також моделі для визначення потенційних негативних наслідків пожежі;
- розробити технології ідентифікації наслідків пожежі як залежності від точки виникнення пожежі та часу спрацювання пожежних сповіщувачів;
- розробити та дослідити критерії оптимальності структури системи пожежної сигналізації в умовах ризику та невизначеності;
- розробити математичні моделі для визначення кількості потенційних жертв та обсягу матеріальних збитків як усередині, так і зовні приміщення, де виникла пожежа;
- побудувати модель для визначення концентрації небезпечної хімічної речовини на основі експертних висновків;

- побудувати моделі для визначення професійної спрямованості фахівців оперативно-рятувальних служб і розробити метод визначення пріоритетності інформаційного контенту процесу навчання у залежності від результатів контролю знань;
- побудувати моделі для контролю знань фахівців оперативно-рятувальної служби з урахуванням критерію часу.

### 3. Методи оптимізації та прийняття рішень:

- розробити моделі та метод оптимізації шляху слідування пожежного розрахунку до місця пожежі;
- розробити методи аналізу та прогнозування параметрів розвитку пожежі з урахуванням експертних висновків;
- розробити методи оптимізації структури системи пожежної сигналізації на основі нечітких нейромереж та генетичних алгоритмів;
- розробити метод формування області компромісу між ціною житла і його рівнем пожежної безпеки, що базується на використанні ідентифікованих залежностей та нечітких експертних висновків;
- розробити метод для уточнення прогнозованих значень концентрації небезпечної хімічної речовини з використанням декількох її вимірів;
- розробити метод параметричної оптимізації моделі концентрації небезпечної речовини як складної поліекстремальної залежності;
- розробити методи визначення адекватності рівня складності питань контролю знань, а також адаптивні моделі для його коригування в режимі «реального часу» та визначення оцінки професійної підготовленості фахівця.

### 4. Система підтримки прийняття рішень.

Виконуючи розробку технологій підвищення ефективності процесів прийняття рішень при розв'язанні задач попередження та зменшення негативних наслідків пожеж і хімічних аварій, необхідно дотримуватись принципів системного підходу та системного аналізу як науково-практичних методологій вирішення складних проблем та дослідження складних систем. У відповідності до складових системного підходу потрібно систематизувати відомі результати, визначити їх особливості, переваги та недоліки і зробити висновки про актуальність досліджень та розробок у певному напрямку. Далі необхідно виконати формалізацію задач з урахуванням цілеорієнтації створюваної системи чи розроблюваного проекту. Розв'язання таких задач раціонально здійснювати з урахуванням особливостей і впливів навколишнього середовища та значень внутрішніх параметрів системи чи проекту. Саме такі положення покладені в основу теоретичних та практичних досліджень щодо створення інтегральної системи підтримки прийняття рішень у критичних ситуаціях, пов'язаних із аваріями та катастрофами.

У доповіді представлені результати розв'язання вищевказаних задач, одержані з використанням елементів системного підходу та системного аналізу. Розглянемо декілька задач та моделі, які розроблені та використовувались для їх розв'язання.

Однією із головних задач, яку необхідно розв'язувати при кожній пожежі, є мінімізація часу проїзду пожежного підрозділу до місця пожежі. Припустимо, що місце пожежі  $H$  знаходиться між двома перехрестями  $n_1$  і  $n_2$ . Тоді необхідно визначити оптимальний маршрут, що відповідає розв'язку задачі знаходження

$$\min_t \{L_{on_1} + L_{n_1z}; L_{on_2} + L_{n_2z}\},$$

де  $L_{ij}$  – маршрут від  $i$ -го пункту до  $j$ -го,  $L_{oj}$  – маршрут від пожежного депо. Вихідними даними для розв'язання задачі є:  $S = (s_{ij})_{i,j=0}^{N-1}$  – матриця відстаней між перехрестями;  $T = (t_{ij})_{i,j=0}^{N-1}$  – матриця часу проїзду між перехрестями (час визначається за умови, що всі інші показники мають номінальні значення);  $K = (k_{ij})_{i=1, j=1}^{N-1, 2}$  – матриця номерів перехресть, де  $k_{i1}$  – номер перехрестя призначення,  $k_{i2}$  – мінімальна кількість перехресть, яку потрібно перетинати при проїзді до  $k_{i1}$ ;  $G = (g_{ij})_{i=1, j=1}^{24, 2}$  – матриця кількості автомобілів, де  $g_{i1}$  – номер часового інтервалу



(доба розбита на 24 інтервали: з 0 годин до 1-ї години (1), з 1-ї години до 2-ї години (2),...),  $g_{i2}$  – відносні частоти кількості автомобілів у  $g_{i1}$ -му часовому інтервалі,  $\sum_{i=1}^{24} g_{i2} = 1$ ;  $Q = (q_{ij})_{i=0, j=1}^{N-2, N-1}$  –

матриця якості дорожнього покриття, де  $q_{ij} \in (0,1)$  – коефіцієнти, що визначають якість дорожнього покриття від  $i$ -го перехрестя до  $j$ -го). Запропоновано та здійснено порівняльний аналіз двох підходів. При першому, використовуючи статистичну інформацію, здійснюємо ідентифікацію залежності

$$T_0 = F(L, K, g, q),$$

де  $T_0$  – час проїзду пожежного розрахунку до місця пожежі,  $K$  – кількість перехресть, які він проїхав,  $g$  – номер часового інтервалу,  $q$  – показник якості дорожнього покриття, що інтегрує в собі і погодні умови. В іншому випадку формування fitness-function відбувається емпірично з використанням вагових і поправочних коефіцієнтів. При цьому використовуються дані матриці  $T$ . Середній час проїзду з  $x_0$  (місце розташування пожежного депо) в  $x_n$  (перехрестя, найближче до місця пожежі) визначається за формулою (по одному з маршрутів)

$$T_v = \frac{\prod_{i=1}^3 w_i}{g_{i2}} \cdot q_{n2} \cdot \chi(v = g_{i1}) \cdot \sum_{i=0}^n \sum_{j \neq i} t_{ij} \cdot q_{ij} \cdot \chi(s_{ij} \neq 0),$$

де  $w_i, i = \overline{1,3}$  – вагові коефіцієнти, що вказують на значущість параметрів кількості перехресть, якості дорожнього покриття, часових інтервалів, відповідно;  $\chi(*)$  – функція-індикатор.

Інша задача – визначення концентрації небезпечної хімічної речовини після аварійного викиду. Моделлю концентрації є нейро-нечітка мережа, дані для навчання якої містять певні значення параметрів виникнення аварії й значення відповідної концентрації речовини у деякій точці через певний час після аварії. Припускаємо, що висновки висновки робить група експертів, кожен з яких має певну компетентність. Тоді задача навчання мережі полягає в пошуку найменшого значення цільової функції, тобто

$$\min_p Z = \min_p \sum_{i=1}^q (H(x_0^i, y_0^i, z_0^i, t_0^i, v^i, m^i, d^i, h^i, x^i, y^i, t^i, P) - C^i)^2,$$

де  $H(*)$  – значення, обчислене мережею,  $C^i$  – табличне значення,  $i = \overline{1, q}$ ,  $q$  – кількість висновків експерта(ів) про параметри виникнення аварії. Очевидно, що залежність  $H(*) = H(const, P)$ , де  $const$  – табличні дані,  $P$  – параметри мережі. Розв'язання вказаної задачі і полягає в пошуку оптимальних значень цих параметрів. У припущенні про те, що функції належності є гаусівськими, вектор  $P$  буде таким:

$$P = (m_1^A, \delta_1^A, m_2^A, \delta_2^A, \dots, m_8^A, \delta_8^A, m_9^B, \delta_9^B, \dots, m_{13}^B, \delta_{13}^B, \dots, m_{13(q-1)+1}^A, \delta_{13(q-1)+1}^A, \dots, m_{13q}^B, \delta_{13q}^B),$$

де  $A$  – вказує на функції належності початкових параметрів аварії,  $B$  – вказує на функції належності просторових і часових координат точки, в якій визначається концентрація небезпечної хімічної речовини після аварії.

Враховуючи кількість пожеж і загиблих у місцях постійного скупчення людей та знаходження легкозаймистих матеріалів, а також стан сучасних систем пожежної автоматики, відзначимо актуальність розв'язання задачі оптимізації систем пожежної сигналізації (розміщення пожежних сповіщувачів). У нашій постановці враховується враховується пріоритетність розміщення пожежних сповіщувачів ближче до джерел підвищеної небезпеки, водночас не залишаються без захисту інші ділянки приміщення. Запишемо цільову функцію таким чином:

$$\begin{aligned}
F(W) = & \alpha \cdot \sum_{i=1}^M \chi\left(\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0\right) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r)}} \cdot \min_j d_{ij} + \\
& + \beta \cdot \sum_{k=1}^K \chi\left(\sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) > 0\right) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r)}} \cdot \min_j d_{kj} + \\
& + \gamma \cdot \sum_{i=1}^M \chi\left(\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) = 0\right) \cdot \min_j d_{ij} + \delta \cdot \sum_{k=1}^K \chi\left(\sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) = 0\right) \cdot \min_j d_{kj},
\end{aligned}$$

де  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  – вагові коефіцієнти відповідних фрагментів цільової функції. Не вдаючись до детальної інтерпретації параметрів, зауважимо, що перший доданок цільової функції вказує на мінімальний час спрацювання сповіщувачів від точки виникнення пожежі та на величину, обернену надійності системи пожежної сигналізації. Другий доданок є аналогічним першому, але уже для пожежі, що зумовлена джерелом підвищеної небезпеки. Третій та четвертий доданки є штрафними функціями у випадку, якщо точка виникнення пожежі або джерело підвищеної небезпеки не знаходиться в зоні відповідальності жодного сповіщувача.

Зрозуміло, що розв'язання вказаних задач залежить від кваліфікації та стресостійкості фахівців оперативно-рятувальних служб. Розроблено моделі та методи для їх адаптивного навчання. Нехай  $\mu(x) = \mu(x, c, a)$  є правильною відповіддю, а ОН визначила  $\mu(x, c_1, a_1)$ . Такі функції належності обмежують області – трикутники  $D$  і  $D_1$ . Якщо задані лише питання, відповіді на які є нечіткими інтервалами, то оцінка визначається за формулою

$$\alpha_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[ \frac{S(D^i \cap D_1^i)}{\max\{S(D^i), S(D_1^i)\}} \cdot \chi(C^i = C_1^i) + \frac{S(D^i \cap D_1^i)}{S(D^i) + S(D_1^i)} \cdot \chi(C^i \neq C_1^i) \right],$$

коригування у випадку неправильної відповіді здійснюється таким чином:

$$\begin{aligned}
p_i^j = & p_i^{j-1} + d^{j-1} (1 - p_i^{j-1}) \left[ 1 - \frac{S(D_i^{j-1} \cap D_{li}^{j-1})}{\max\{S(D_i^{j-1}), S(D_{li}^{j-1})\}} \cdot \chi(c_i^{j-1} = c_{li}^{j-1}) - \right. \\
& \left. - \frac{S(D_i^{j-1} \cap D_{li}^{j-1})}{S(D_i^{j-1}) + S(D_{li}^{j-1})} \cdot \chi(c_i^{j-1} \neq c_{li}^{j-1}) \right], j = \overline{1, n}.
\end{aligned}$$

Розроблені моделі, методи та інструментальні засоби становлять основу системи підтримки прийняття рішень щодо прогнозування та мінімізації наслідків техногенних аварій та катастроф. Методологічною базою є технології Soft Computing, що природним чином відображають особливості вихідних даних, задач та процесів прийняття рішень.

## Література

1. Снитюк В.Є. Еволюційні технології прийняття рішень в умовах невизначеності: дис. доктора техн. наук : 05.13.06 / Снитюк Віталій Євгенович. – К., 2009. – 270 с.
2. Землянський Олег М. Інформаційна технологія прогнозування концентрації небезпечної хімічної речовини при аварійному викиді в умовах невизначеності: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / О.М. Землянський. – ЧДТУ. – Черкаси, 2010. – 20 с.
3. Землянський Ол-др М. Моделі та еволюційні методи оптимізації структури систем пожежного моніторингу будівель і споруд: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / О. М. Землянський. – КНУБА. – К., 2012. – 24 с.
4. Юрченко К. М. Адаптивні технології в системах навчання та оцінювання рівня професійної підготовленості працівників оперативно-рятувальної служби: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / К.М. Юрченко. – ЧДТУ. – Черкаси, 2012. – 21 с.

Сойма М.Ю.

Ужгородський національний університет

e-mail: matanaliz93@mail.ru

### ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ A\* ТА IDA\* В ІГРОВИХ ЗАДАЧАХ

Пошук шляху - невід'ємна частина ігор, яка зустрічається в більшості сучасних ігрових жанрів. Найбільш часто задача пошуку шляху виникає в стратегіях, в яких гравець дає команди ігровим одиницям рухатися через область карти, яка містить перешкоди. Ігри постійно ускладнюються, а пошук шляху еволюціонує і розвивається разом з ними.

Алгоритми пошуку шляху не завжди ефективні, але їх вивчення допомагає зрозуміти, як вирішується різні проблеми. Одними з найефективніших алгоритмів пошуку є алгоритм A\* та IDA\*.

Пошук A\* - найбільш відомий різновид пошуку за першим найкращим збігом. Пошук IDA\* або так званий алгоритм A\* з ітеративним заглибленням (від англ. Iterative Deepening A\* - IDA\*) - застосовує ідеї ітеративного заглиблення в контексті евристичного пошуку.

Звичайні алгоритми, які виконують ті ж функції є всім відомі "Пошуку в глибину" і "Пошук в ширину", але є набагато повільнішими і ресурсозатратними.

Алгоритм пошуку в глибину зупиняє розгалуження, коли глибина пошуку перевищує поточну межу глибини, де в порівнянні алгоритм IDA\* зупиняє розгалуження, коли оцінка (евристична оцінка яка використовується в вище вказаних алгоритмів) вартості шляху через поточний вузол перевищує поточну межу вартості шляху.

Алгоритм IDA\* відрізняється мінімальними затратами пам'яті в порівнянні з A\* і порівняно малою (у разі вдалого вибору евристики) кількістю розгорнутих вузлів в порівнянні з "Пошуком в глибину".

Мною було здійснено реалізацію цих алгоритмів і застосовано для гри "П'ятнашки" [2]. Проведено дослідження на швидкість виконання алгоритмів для поставленого завдання і були отримані наступні результати (для довільно вибраного початкового розташування):

| Початкове розташування   | Швидкість алгоритмів (для даного розташування) |          |                 |                |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |
|--|--|----------|-----------------|----------------|---|----|---|---|----|---|---|--|---|----|---|----|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|  | A star   | IDA star | Пошук в глибину | Пошук в ширину |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |
| <table border="1"> <tr> <td>11</td> <td>7</td> <td>13</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>12</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>3</td> <td>6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>15</td> </tr> </table> | 11   | 7        | 13              | 9              | 1 | 12 | 2 | 4 | 14 | 3 | 6 |  | 8 | 10 | 5 | 15 | 53 ходи<br><i>18.930 sec</i> | 53 ходи<br><i>00.632 sec</i> | 53 ходи<br><i>45.112 sec</i> | 53 ходи<br><i>1:23.930 sec</i> |
| 11   | 7  | 13       | 9               |                |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |
| 1  | 12   | 2        | 4               |                |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |
| 14   | 3  | 6        |                 |                |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |
| 8  | 10   | 5        | 15              |                |   |    |   |   |    |   |   |  |   |    |   |    |                              |                              |                              |                                |

### Література

1. *Alexander Reinefeld* Complete Solution of the Eight-Puzzle and the Benefit of Node Ordering in IDA\*. - 1993
2. *Сойма М. Ю.* Алгоритми автоматизованого пошуку розв'язку гри "П'ятнашки" / М.Ю. Сойма // Студентська наукова конференція математичного факультету ДВНЗ«УжНУ». Серія «Математика і прикладна математика»: наукова конференція, збірник тез доповідей. – Ужгород: видавництво УжНУ «Говерла», 2013. – С. 72-73.

СУБГРАДІЄНТНИЙ АЛГОРИТМ З РОЗТЯГОМ ПРОСТОРУ  
ДЛЯ ЗАДАЧІ РОЗДІЛЕННЯ ДВОХ ПОЛІЕДРІВ

Задача знаходження мінімальної відстані між двома поліедрями може бути представлена наступною задачею квадратичного програмування:

$$f^* = f(x^*, y^*) = \min_{x, y \in R^n} \{f(x, y) = \|x - y\|^2\} \quad \text{при обмеженнях:} \quad A_1 x \leq b_1,$$

$$A_2 y \leq b_2, \quad (1)$$

де  $A_1$  –  $n \times m$ -матриця,  $b_1$  –  $m$ -вектор,  $A_2$  –  $n \times k$ -матриця,  $b_2$  –  $k$ -вектор. Тут першому поліедру відповідають матриця  $A_1 = \{a_{ij}^{(1)}\}$  та вектор  $b_1 = \{b_j^{(1)}\}$ , а другому поліедру – матриця  $A_2 = \{a_{ij}^{(2)}\}$  та вектор  $b_2 = \{b_j^{(2)}\}$ .

Нехай виконується умова Слейтера,  $(x^*, y^*)$  – оптимальний розв'язок задачі (1), не обов'язково єдиний. Якщо поліедри розділяються, то мінімальна відстань між ними  $\rho^* = \sqrt{f^*} > 0$  визначається однозначно, а нормований вектор  $(y^* - x^*) / \|y^* - x^*\|$ , в напрямку якого визначається  $\rho^*$ , залежить від того, єдиний чи неєдиний розв'язок має задача (1). Якщо  $\rho^* = 0$ , то  $y^* = x^*$  і поліедри не розділяються.

Позначимо через  $u^* = \{u_1^*, \dots, u_m^*\}$  та  $v^* = \{v_1^*, \dots, v_k^*\}$  – оптимальні значення векторів множників Лагранжа, а через  $P = \{P_1, P_2\}$  – вектор із двох додатних штрафних коефіцієнтів.

**Теорема 1.** Якщо  $P_1 > \max\{u_1^*, \dots, u_m^*\}$  і  $P_2 > \max\{v_1^*, \dots, v_k^*\}$ , то задача мінімізації негладкої опуклої функції

$$F_p(x, y) = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 + P_1 \sum_{i=1}^m \max\{0, \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(1)} x_j - b_i^{(1)}\} + P_2 \sum_{i=1}^k \max\{0, \sum_{j=1}^n a_{ij}^{(2)} x_j - b_i^{(2)}\} \quad (2)$$

еквівалентна задачі (1) в тому сенсі, що множина мінімумів функції  $F_p(x, y)$  збігається з множиною оптимальних розв'язків задачі (1).

Теорема 1 є наслідком із теореми 4.2 [1, стор. 188], якщо вибрати найпростіший варіант негладкої функції штрафу  $p_i(t) = \{0, \text{якщо } t \leq 0; c_i t, \text{якщо } t > 0\}$ ,  $i = 1, \dots, m+k$ , а коефіцієнти  $c_i$  апроксимувати зверху максимальними значеннями оптимальних множників Лагранжа, які відповідають обмеженням для першого та другого поліедрів. На основі теореми 1 можна будувати різноманітні алгоритми для розв'язання задачі розділення двох поліедрів. Алгоритм буде визначатися обраним методом для мінімізації негладкої опуклої функції виду (2).

Нижче наведена програма **dist2p** (the **distance between two polyhedra**), яка реалізує субградієнтний алгоритм з розтягом простору. Програма написана на некомерційній мові **octave**. В її основу покладено **octave**-програму **ralgb5** [2, стор. 384-385], яка реалізує модифікацію  $r$ -алгоритму з постійним коефіцієнтом розтягу простору  $\alpha$  та адаптивним способом регулювання кроку в напрямі нормованого антисубградієнта в перетвореному просторі змінних. Для адаптації кроку в програмі **dist2p** використовуються тільки параметри  $h_0$  та  $q_1$ , а параметри  $q_2 = 1.1$  та  $n_h = 3$  вбудовані в тіло програми. Коефіцієнт розтягу простору та параметри регулювання кроку рекомендується вибирати наступними:  $\alpha = 2 \div 4$ ,  $h_0 = 1.0$ ,  $q_1 = 0.95 \div 1.0$ .

Параметри зупинки  $r(\alpha)$ -алгоритму в програмі **dist2p** такі ж самі, як і в програмі **ralgb5**: тобто  $\varepsilon_z = \varepsilon_{(x,y)}$ ,  $\varepsilon_g$  та  $maxitn$ . Виходом із програми є рекордні значення  $f_r$ ,  $x_r$ ,  $y_r$  та код зупинки *istop*, який вказує по якому із критеріїв програма закінчила свою роботу.

### Octave-код програми **dist2p**.

```
function [fr,xr,yr,istop]=dist2p(A1,b1,A2,b2,P1,P2,alpha,h0,q1,epsg,epsz,maxitn);
itn=0; hs=h0; n=columns(A1); B=eye(2*n); xr=yr=zeros(n,1); z=[xr;yr];
ncalls = 1; b1p=-b1>0; b2p=-b2>0; fr=P1*sum(b1p)+P2*sum(b2p);
g0 = [P1*(sum(diag(sign(b1p))*A1)); P2*(sum(diag(sign(b2p))*A2))];
printf("itn %4d f %14.6e fr %14.6e ls %2d ncalls %4d\n",itn,fr,fr,0,ncalls);
if(norm(g0) < epsg) istop = 2; return; endif
for (itn = 1:maxitn)
    dz = B * (g1 = B' * g0)/norm(g1);
    d = 1; ls = 0; ddz = 0;
    while (d > 0)
        z -= hs * dz; ddz += hs * norm(dz);
        ncalls ++; x=z(1:n,1); y=z(n+1:2*n,1); b1p=A1*x-b1>0; b2p=A2*y-b2>0;
        f=(x-y)'*(x-y)+P1*sum(b1p)+P2*sum(b2p); b1p=sign(b1p); b2p=sign(b2p);
        g1=[2*(x-y)+P1*(sum(diag(b1p)*A1)); 2*(y-x)+P2*(sum(diag(b2p)*A2))];
        if (f < fr) fr = f; xr = x; yr = y; endif
        if(norm(g1) < epsg) istop = 2; return; endif
        ls ++; (mod(ls,3)==0) && (hs *= 1.1);
        if(ls > 500) istop = 5; return; endif
        d = dz' * g1;
    endwhile
    (ls == 1) && (hs *= q1);
    printf("itn %4d f %14.6e fr %14.6e ls %2d ncalls %4d\n",itn,f,fr,ls,ncalls);
    if(ddz < epsz) istop = 3; return; endif
    xi = (dg = B' * (g1 - g0) )/norm(dg);
    B += (1 / alpha - 1) * B * xi * xi';
    g0 = g1;
endfor
istop = 4;
endfunction
```

При  $n = 5 \div 50$  програма **dist2p** протестована для задачі (1), коли поліедри є симплексами  $\Delta_1 = \{x : \sum_{i=1}^n x_i \leq n+1, x_i \geq 1, i = 1, \dots, n\}$  та  $\Delta_2 = \{x : \sum_{i=1}^n x_i \geq -(n+1), x_i \leq -1, i = 1, \dots, n\}$ .

Наскільки точно можна отримати її аналітичний розв'язок  $\rho^* = 2\sqrt{n}$ ,  $x^* = (1, \dots, 1)^T$ ,  $y^* = (-1, \dots, -1)^T$ , легко перевірити по величині *dist*, коректуючи виділений текст у наступному octave-коді

```
n=5; A1=[ ones(1,n); -diag(ones(n,1))]; A2 = -A1; b1= b2 = [n+1; -ones(n,1)];
P1=P2=100; alpha=2; h0=1; q1=0.95; epsg=1.d-6; epsz=1.d-8; maxitn=200;
[fr,xr,yr,istop]=dist2p(A1,b1,A2,b2,P1,P2,alpha,h0,q1,epsg,epsz,maxitn);
fr,xr,yr,istop,dist =sqrt((xr-ones(n,1))'*(xr-ones(n,1))+(yr+ones(n,1))'*(yr+ones(n,1)))
```

Для приведеного коду точність  $10^{-8}$  отримана за 115 ітерацій та 166 ncalls.

Робота виконана при фінансовій підтримці НАН України, проект 07-01-14 (У).

#### Література

1. Шор Н.З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. – Киев: Наукова думка, 1979. – 199 с.
2. Стецюк П.И. Методы эллипсоидов и *r*-алгоритмы. – Кишинэу, Эврика, 2014. – 488 с.  
[http://www.atcmd.md/wp-content/uploads/2011/07/Stetsyuk2014\\_17\\_04.pdf](http://www.atcmd.md/wp-content/uploads/2011/07/Stetsyuk2014_17_04.pdf)

## ЗАСОБИ ПОДАННЯ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ЗНАНЬ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АСПО

Зараз все ширше застосовуються технології інтелектуалізації автоматизованих систем підтримки процесу прийняття рішень [2, 3]. Ці системи використовують знання про предметну область (ПО). Тому актуальною є проблема створення методів і засобів для роботи зі знаннями на різних етапах розробки та експлуатації таких систем.

Збір діагностичних даних для прийняття рішень [4] з допомогою розробленої нами автоматизованої системи АСПО здійснюється шляхом опитування респондентів за допомогою анкет, створених в середовищі конструктора анкет. Для спрощення процесу конструювання анкет та однозначності трактування як запитань загалом, так і певних понять, використовуються тлумачення, що знаходяться в базі знань автоматизованої системи.

Процесу заповнення бази знань передуює етап уніфікації тлумачень термінів і понять, який здійснюється за допомогою процедури узгодження термінології шляхом опитування групи експертів [4], а також виявлення зв'язків між поняттями шляхом побудови фрагментів семантичних мереж. Останні є орієнтованими графами, вершинами в яких є абстрактні або конкретні поняття, а дугами – відношення між цими поняттями [5].

У галузі медичної діагностики нами виділені чотири ієрархічні мережі. Перша мережа містить морфологічні особливості організму. Саме в ній задано визначення і описано всі органи і складові частини людського організму, а також зв'язки між ними. Мережа містить складові частини, які описують різні сторони будови людського організму, а саме: анатомічні, фізіологічні, інформаційні (сенсорні, звукові, зорові, рухові, канали сприйняття і обробки ланних, оперативна пам'ять) та когнітивні (свідомі процеси мислення) функції організму. Друга мережа описує патології функціонування організму. В цій мережі міститься формалізована з використанням понятійного апарату інформація про найпоширеніші патології і зв'язки між ними. Третя мережа містить симптоми захворювань, а також ступінь або міру їх прояву. Четверта – задає рекомендації стосовно методів лікування і оперативного втручання. При цьому існує тісний взаємозв'язок між вершинами цих мереж.

Під час побудови семантичних мереж ми використовуємо, розроблену нами формальну мову [1, 6], призначену для подання числових і фактографічних даних ПО. Мову можна трактувати як прикладне числення предикатів. Основними компонентами мови є константи, змінні, відношення і аксіоми. Відношення, зазвичай, описують взаємозв'язки між об'єктами і значеннями, а аксіоми – закономірності цієї ПО.

Не дивлячись на те, що для різних ПО предикатні і індивідні константи є різними і мають свою специфіку, виражену в аксіомах, можна виділити достатньо універсальну частину об'єктів, яка буде характеризувати абстрактну структуру декількох ПО. Виділення такої єдиної частини об'єктів із всіх або досить широкого кола ПО сприяє також стандартизації понять і термінів. Мова містить одно- дво- та тримісні предикати.

У даному випадку одномісні предикати ідентифікують класи об'єктів (*Бзн* – бути значенням; *Бхар* – бути характеристикою; *Боб* – бути об'єктом або предметом; *Бім* – бути іменем; *Бфун* – бути функцією). Двомісні предикати описують бінарні відношення: абстрактні (часткового та повного порядку, а також еквівалентності), парадигматичні (належність, включення, абстрактність) та синтагматичні (*ОХар(a,x)* – об'єкт *a* характеризується характеристикою *x*; *ВолI(a,i)* – об'єкт *a* володіє іменем *I*; *ВикФ(a,φ)* – об'єкт *a* виконує функцію *φ*; *ХарЗ(x,z)* – характеристика *x* може приймати значення *z*). Тримісні предикати мають вигляд: *ВолХ(a,x,z)* – об'єкт *a* має значення характеристики *x*, яке рівне *z*; *АбстХ(a,b,x)* – поняття або об'єкт *a* більш "абстрактний", ніж об'єкт *b* відносно характеристики *x*, відношення істинне тоді, коли *a* характеризується характеристикою *x*, а на *b* ця характеристика приймає деяке конкретне значення; *ВФунO(a,φ,b)* – об'єкт *a* виконує функцію *φ* в об'єкті *b*.



Рис. Інформаційна модель бази знань

Крім універсальних предикатів можуть використовуватися і спеціальні, які стосуються конкретної ПО. Наприклад, для галузі медичної діагностики: *ПацI* – пацієнт має ім'я; *ПацX* – пацієнт має характеристику тощо.

Наведемо приклад застосування предикатів:

*пацієнт* ⇒ *чоловік* ⇒ *об'єкт*; *дантист* ⇒ *лікар*; *два* ⇒ *число*;

*діабет* ⇒ *метаболічна патологія* ⇒ *діагноз* ⇒ *об'єкт*;

*діабет цукровий* ⇒ *ендокринна патологія* ⇒ *діагноз* ⇒ *об'єкт*.

В базу знань автоматизованої системи знання заносяться у вигляді динамічних ієрархічних структур та взаємозв'язаних таблиць (див. рис.), в яких відображаються відношення між поняттями ПО.

Для встановлення ефективності роботи описаного програмного продукту, нами за допомогою комплексу АСПО створено тестову анкету для вивчення розповсюдження ішемічної хвороби серця [4] серед дорослого населення. Автоматизована система АСПО може використовуватися також в інших галузях знань.

## Література

1. Вальковський В. О., Терендій О. В. Про один математичний формалізм представлення знань у галузі медичної діагностики // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія кібернетика. – 2002. – Вип. 3. – С. 24 – 26.
2. Интеллектуальные информационные системы и технологии: учебное пособие / Ю. Ю. Громов, О. Г. Иванова, В. В. Алексеев и др. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 244 с.
3. Стефанюк В. Л. Локальная организация интеллектуальных систем. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 328 с.
4. Терендій О. В., Бунь Р. А. Інтеллектуальна система збору інформації в вузькоспеціалізованій предметній області // Моделювання та інформаційні технології: Зб. наук. праць Ін-ту проблем моделювання в енергетиці. – Київ, 2007. – Вип. 41. – С. 158 – 163.
5. Терендій О., Сікора Л. Інтеллектуальна система експертної діагностики // Комп'ютерні технології друкарства: Зб. наук. праць. Українська академія друкарства. – Львів, 2012. – № 27. – С. 54–58.
6. Terendiy O. V. On one system for the primary information collecting problem in the diagnosis domain // Strategy of quality in industry and education: X international conference, June 6 – 13 2014, Varna, Bulgaria: proceedings. – Varna, 2014. – P. 471 – 474. – (International Scientific Journal Acta Universitatis Pontica Euxinus. Special number).

Тимофієва Н. К.

Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій і систем НАН та МОН  
України

E-mail: Tymnad@gmail.com тел.: (044) 502 63 65

**ЗНАКОВІ БІОЛОГІЧНІ ПРОСТОРИ ТА СИМЕТРІЇ В КОМБІНАТОРИЦІ ТА БІОЛОГІЇ**

**Вступ.** В біології існують явища, пов'язані з комбінаторними числами. При формуванні суцвіття деяких квітів, луски шишок, розміщенні листя дерев та інших рослин утворюються правильні спіралі, число рядів яких збігається з числами Фібоначчі. При рості раковин деяких видів молюсків утворюються логарифмічні спіралі. При генеруванні ж комбінаторних множин з використанням властивості періодичності одержані числові послідовності, які задають у них кількість комбінаторних конфігурацій, також утворюють комбінаторні числа, наприклад арифметичний трикутник, що являє собою біноміальні коефіцієнти для множини сполучень без повторень [1]. Це говорить про те, що біологічним формам властиві закони комбінаторики. До того ж як в біології так і в комбінаториці має місце симетрія. Цю властивість біологічних форм, як правило, досліджують з використанням геометрії. Проаналізуємо симетрію живої природи з використанням комбінаторного аналізу.

**Симетрія в комбінаториці.** Як відомо, симетрія характерна для різноманітних структурах як неживої так і живої природи. В залежності від типу перетворень розрізняють різні види симетрії. Вони можуть бути точними або наближеними. Найбільш простий вид симетрії – дзеркальний. Вона ґрунтується на рівності двох частин певного об'єкту. Уявна площина, яка ділить такий об'єкт навпіл, називається площиною симетрії. Під наближеною симетрією в комбінаториці розглянемо скінченну послідовність чисел, значення яких збільшуються до найбільшого з них, а потім зменшуються. Площина, яка проходить через найбільше число послідовності, ділить її на дві частини, значення яких від центру рівномірно зменшуються але ці частини необов'язково дзеркально однакові. При точній симетрії уявна площина ділить послідовність чисел або по найбільшому числу або проходить між двома найбільшими. Дві розділені частини – дзеркально рівні.

Розглянемо комбінаторну множину, яку позначимо  $W$ , а комбінаторну конфігурацію, яка є її елементом і утворюється з  $n$  елементів базової множини  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  за певними правилами, як  $w$ . В природі існує скінченне число  $W$ , кожна з яких упорядкована по-своєму. Значна частина цих множин – структурована. Для них характерні різні види симетрії як точні так і наближені. Такі комбінаторні множини впорядковуються рекурентно-періодичним методом, що ґрунтується на властивості періодичності, яка впливає з рекурентного способу утворення комбінаторних конфігурацій  $w$  і полягає в тому, що ці множини упорядковані інтервалами, в кожному з яких  $w$  утворюються за одними і тими самими правилами. Для генерування комбінаторних множин з урахуванням властивості періодичності необхідно сформулювати три правила, за якими утворюються: а) інтервал нульового рангу, б) обмежувальна комбінаторна конфігурація (перша в інтервалі нульового рангу), в) інтервал  $\sigma$ -го рангу. Оскільки інтервал  $\sigma$ -го рангу складається з інтервалів  $(\sigma-1)$ -го рангу, а інтервал 1-го рангу – з інтервалів нульового рангу, нескладно, знаючи правила їхнього утворення та впорядкування, визначити кількість комбінаторних конфігурацій у їхній множині (комбінаторне число). Комбінаторні множини, крім перестановок, складаються з підмножин ізоморфних комбінаторних конфігурацій  $W_\eta \subset W$  (комбінаторні конфігурації, кількість елементів  $\eta$  або блоків у яких однакова, називаються ізоморфними). Упорядкуємо множини, які складаються з підмножин  $W_\eta \subset W$  починаючи з  $\eta=1$  і закінчуючи  $\eta=n$ . Знаючи правила упорядкування комбінаторних конфігурацій в  $W_\eta \subset W$ , визначимо кількість  $w$  у  $W_\eta \subset W$  і побудуємо з цих чисел упорядковану скінченну послідовність. Можна побачити, що для різних типів комбінаторних конфігурацій вона характеризується як наближеною так і точною симетрією.



Для сполучень без повторень для різних значень  $n$  ці послідовності утворюють арифметичний трикутник і характеризуються точною симетрією. Для розбиття натурального числа або розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини утворені скінченні послідовності характеризуються наближеною симетрією. Наведемо приклад. Покладемо  $n=7$ . Тоді для сполучення без повторень скінченна послідовність така 1, 7, 21, 35, 35, 21, 7, 1. для розбиття натурального числа вона має вигляд 1, 3, 4, 3, 2, 1, 1. Для розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини відповідно 1, 63, 301, 350, 140, 21, 1.

**Аксиоми знакових комбінаторних просторів [2].** Виходячи з утворення і упорядкування комбінаторних конфігурацій, сформулюємо аксиоми, яким задовольняють знакові комбінаторні простори.

1. Комбінаторні простори існують в двох станах: спокої (згорнутий) та динаміці (розгорнутий).

2. Згорнутий простір задається інформаційним знаком  $\mathfrak{R}=\langle A, T, \mathfrak{Z}, \Xi \rangle$ , який містить властивості розгорнутого простору певного типу, де  $A$  – одна або кілька базових множин, з елементів яких утворюються розгорнуті комбінаторні простори,  $T$  – тип комбінаторного простору,  $\mathfrak{Z}$  – правила розгортання комбінаторного простору,  $\Xi$  – правила згортання простору певного типу з точок як одного так і кількох просторів. Згорнутий простір має властивості просторів, з яких він згорнувся.

3. Утворення із згорнутого розгорнутих комбінаторних просторів проводиться за рекурентними правилами. Точкою розгорнутого простору є комбінаторна конфігурація певного типу.

4. Розгортанню комбінаторного простору характерна властивість періодичності, яка впливає з рекурентного способу утворення та впорядкування комбінаторних конфігурацій.

**Знакові біологічні простори.** Отже, насінину чи клітину – знак живого організму певного типу – розглянемо як згорнутий біологічний простір (знак  $\mathfrak{R}=\langle A, T, \mathfrak{Z}, \Xi \rangle$ ), де  $A$  – одна або кілька базових множин, елементами яких можуть бути амінокислоти або інші базові біологічні об'єкти, з яких утворюються розгорнуті біологічні простори,  $T$  – тип комбінаторної конфігурації (розбиття числа або розбиття  $n$ -елементної множини на підмножини, яка утворюється з базових множин,  $\mathfrak{Z}$  – правила розгортання біологічного простору;  $\Xi$  – правила згортання простору заданого типу з точок як одного так і кількох просторів [2]. Тобто, згорнутим біологічним простором назвемо інформаційний знак, який містить базові множини і систему правил, за допомогою яких комбінацією елементів цих множин розгортається живий організм – розгорнутий біологічний простір. Сукупність клітин назвемо частково розгорнутим біологічним простором. Таким чином, біологічним формам властиві закони знакових комбінаторних просторів та їхня динаміка утворення симетрії.

**Висновок.** Отже, біологічний простір існує в двох станах: спокої (згорнутий) та динаміці (розгорнутий) і розгортається аналогічно комбінаторному. З цього випливає, що для нього властиві закони комбінаторики. Оскільки для комбінаторних множин певного типу в процесі їхнього впорядкування прослідковується динаміка утворення симетрії, то досліджуючи її в комбінаториці можна пояснити природу симетрії біологічних форм.

## Література

1. Тимофеева Н.К. Об особенностях формирования и упорядочения выборок // Кибернетика и систем. анализ. – 2004. – № 3. – С. 174–182.
2. Тимофієва Н.К. Комбінаторні, біологічні, мовленнєві та інформаційні простори / Н.К.Тимофієва // Вісн. Київськ. національного ун-ту ім. Тараса Шевченка. Сер. Кибернетика. – К.: Київськ. національний ун-т ім. Тараса Шевченка, 2010. – № 10. – С. 31–34.

**Третиник В.В., Скляренко О.В.**  
Європейський університет, м. Київ  
viola.tret@gmail.com, sigma.inet@gmail.com

### **ОЦІНЮВАННЯ НЕРУХОМОГО МАЙНА МЕТОДАМИ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ.**

Останнім часом нечітке управління є однією з найактивніших і найрезультативніших областей досліджень застосування теорії нечітких множин. Нечітке управління виявляється особливо корисним, коли технологічні процеси є дуже складними для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, або коли доступні джерела інформації інтерпретуються якісно, неточно або невизначено.

Удосконалення методики оцінки вартості майна для стягнення справедливої та належної суми податку є актуальною задачею, оскільки визначені чинним законодавством України порівняльний, доходний та витратний підходи до оцінки нерухомості мають суттєві недоліки та не гарантують об'єктивної, адекватної ринковим умовам оцінки вартості житла. Тому потрібно застосовувати сучасні математичні методи для вирішення таких завдань та максимально враховувати різні фактори впливу на формування вартості нерухомого майна.

У даній роботі проведена оцінка вартості житла міста Києва. Для реалізації цього завдання побудована нечітка база знань на наборі реальних даних Святошинського, Шевченківського, Подільського, Печерського, Голосіївського, Дарницького та Виноградарського районів м. Києва за 2013 рік ріелторського агентства Благовіст.

Для опису кожного об'єкта нерухомості введені вхідні лінгвістичні змінні з наступними терм-множинами: 1). X1 - Розташування (непрестижне, посереднє, престижне, дуже престижне), 2). X2 - Поверх (перший, від другого до передостаннього, останній), 3). X3 - Стан будинку (незадовільний, задовільний, добрий, дуже добрий, чудовий), 4). X4 - Площа (мала, середня, велика), 5). X5 - Кількість кімнат (одна, декілька, багато), 6). X6 - Якість прибудинкової території (погана, достатня, висока), 7). X7 - Опалення (задовільне, добре, дуже добре). Вихідною лінгвістичною змінною Y є вартість житла з терм-множиною (низька, середня, висока, дуже висока). Визначені функції належності вхідних та вихідної змінної гаусівського або трикутного виду. Для реалізації нечіткого логічного виведення розроблено програмний комплекс мовою C++ в середовищі проектування Embarcadero RAD Studio XE3. В програмі є можливість реалізувати процедури нечіткого виведення за трьома алгоритмами: Мамдані; Сугено та Ларсена. Сформована база з 30 нечітких правил виду:

$IF (x_1 \text{ IS } \alpha_1) \text{ AND } (x_2 \text{ IS } \alpha_2) \text{ AND } (x_3 \text{ IS } \alpha_3) \text{ AND } (x_4 \text{ IS } \alpha_4) \text{ AND } (x_5 \text{ IS } \alpha_5) \text{ AND } (x_6 \text{ IS } \alpha_6) \text{ AND } (x_7 \text{ IS } \alpha_7) \text{ THEN } (y \text{ IS } \alpha_8)$ , де  $\alpha_i, i = 1 \dots 8$  - задані функції належності.

Нечітку імплікацію здійснено за алгоритмом Мамдані: Для логічного висновку використана операція логічного мінімуму (min), для композиції - операція max, дефазифікація проведена центроїдним методом.

### **Література**

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH БХВ-Петербург, 2005. - 736 с.
3. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств М.: Радио и связь, 1982. - 432 с.
4. Аверкин А.Н., Батыршин И.З. и др. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит. , 1986 г. - 312с
5. Подходы и методы оценки недвижимости [Электронный ресурс] / Уральское Информационное агентство – Электрон. текст. – 19 ноября 2007 – Режим доступа к изд.: <http://ocenka-ua.ru/consultations/clauses/6/1/>

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄЗДАТНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ В ЧАСІ ПРИ ЇЇ ОБРОБЦІ**

Виникнення критичних ситуацій показує відмову систем управління та захисту потенційно небезпечних підприємств, неможливість використовувати всі переваги технологій обробки інформації для підтримки прийняття рішень (СППР) на промислових аваріях через відсутність механізмів адаптації алгоритмів до умов ситуації, несвоечасність і неточність прийнятих рішень у різних сферах управління при виході параметрів керованої системи за межі, встановлені стандартами.

Метою роботи є дослідження можливих напрямків вирішення питань забезпечення життєздатності в часі в системах обробки інформації для підтримки прийняття рішень у швидко мінливих умовах техногенної небезпеки. Задача роботи – представити математичний апарат дослідження проблеми забезпечення життєздатності інформації при її обробці для використання в системах підтримки прийняття рішень.

Вирішуючи поставлену задачу, необхідно місію системи визначити в межах часу. У цьому випадку надійність буде визначена як ймовірність, що система буде працювати задовільно протягом даного періоду часу. Таким чином, життєздатність системи може бути представлена як функція часу і вирішена задача моделювання ймовірності розвитку певної ситуації в часі.

Слід зазначити, що мета забезпечення життєздатності систем отримання, оброблення і передачі інформації розглядається з моменту появи перших зразків електронно-обчислювальної техніки. Особливо дискусійним це питання стало в 60-70 роки минулого століття, коли в СРСР академік Глушков В.М. представив проект загальнодержавної автоматизованої системи обліку та обробки інформації (ОГАС) [1], а в Чилі британський кібернетик Стаффорд Бір спробував впровадити свій проект «Кіберсин» [2].

Академік В.М. Глушков в роботі [1] конкретизував вимоги, що пред'являються до обчислювальних систем управління та проаналізував процес сприйняття інформації людиною у вигляді певних полів, що відбувається за допомогою математичних функцій. При вимірюванні поля у фіксованій точці, функція вироджується в функцію часу. У більшості випадків всі скалярні величини, що входять у співвідношення можуть приймати неперервний ряд значень, у вигляді цього інформація, що надається таким чином, буде безперервною. В іншому випадку без необхідних перетворень, точність інформації стає обмеженою, в тому числі і обмеженою у часі. Оскільки людина сприймає інформацію в дискретному вигляді, будь-яка інформація може бути апроксимована дискретною інформацією з встановленим ступенем точності.

Функція моделі життєздатної системи - точно визначати, який набір компонентів потрібен для адекватної роботи системи на даному проміжку часу. Виходячи з розуміння надійності систем [3], можна логічно вивести поняття життєздатності системи, як ймовірності, що система виконає свою функцію задовільно (успішно) на відріжку часу  $t + \Delta t$ , з урахуванням можливої зміни впливу різних факторів за час  $\Delta t$ . Індикатор успіху для деякого компонента - двійкова випадкова змінна  $X_i$ , яка вказує статус досліджуваного компонента.  $X_i = 1$  передбачає успішно працює компонент системи,  $X_i = 0$  передбачає компонент, який став причиною відмови системи. Вектор статусу системи - вектор індикаторів складових статусу, тобто  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ . А згідно двох варіантів можливого розвитку ситуації відносно вказаного вектора у часі, опис життєздатності моделі системи через статус успіху або відмови може бути представлений, як  $X(t) = (X_1, X_2, \dots, X_n, t)$ . Враховуючи прийнятну структуру системи, можна спробувати визначити, наскільки вірогідна її життєздатність в умовах зміни часу. Життєздатність  $p_i$  є ймовірністю, що компоненти системи підібрані і діють правильно на певному відріжку часу. Ймовірність відмови  $q_i$  є ймовірністю того, що компоненти підібрані неправильно і система не зможе адаптуватися в разі змін на певному відріжку часу. Приймаємо

умову, що компоненти, що впливають на систему, - незалежні. Тоді ймовірність життєздатності системи можна представити наступним чином:

$$\begin{aligned} p_i(t) &= P \{X_{i+\Delta t} = 1\}, \\ q_i(t) &= P \{X_{i+\Delta t} = 0\} = 1 - p_{i+\Delta t}. \end{aligned} \quad (1)$$

За виразом (1) можна зробити висновок, що життєздатність системи - це її надійність (можливість задовільно виконувати всі закладені в систему функції) в будь-якій точці часового інтервалу.

Вивчаючи зміну в часі свідчень джерел інформації, можна зробити деякі прогнози щодо надійності системи, тобто її життєздатності. Отже, нехай припустима область змін показань джерела інформації  $S_1$  представлена колом (сферою)  $O_1$  з центром в деякій точці  $M_1$ . Нехай радіус цього кола буде  $R_1$ . Якщо в деякий момент часу  $t'$  інформація, що поставляється джерелом  $S_1$ , буде відповідати інформаційного центру кола  $O_1$ , то ймовірність  $P_1$  життєздатності системи  $S$  згідно джерела інформації  $S_1$  буде оцінюватися одиницею. Наближення інформаційних даних до межі допустимої області  $O_1$  буде визначати зменшення ймовірності життєздатності системи  $S$ . На межі допустимої області  $S_1$  приймемо цю величину рівною нулю. Тоді критичний час, що дає актуальну інформацію щодо роботи системи  $S$ , можна визначити, як:

$$t_{kp} = \min(t_1^0, t_2^0, \dots, t_p^0). \quad (2)$$

Виходячи з запису (2), можна визначити ймовірність настання критичного стану системи  $S$ , а саме:

$$P(S, t) = \min(P_1(S, t), P_2(S, t), \dots, P_p(S, t)). \quad (3)$$

Вираз (3) підтверджує вираз (1) і дозволяє розширити розуміння життєздатності системи як можливості задовільно виконувати всі закладені в систему функції в будь-якій точці часового інтервалу до досягнення рівня критичного стану системи.

Практичне застосування викладеного можна розглянути на наступному прикладі. За допомогою програмного забезпечення «Хмара» була змодельована можлива аварія на ДП «Горлівський хімічний завод» з її переходом на ПАТ «Концерн «Стирол», промислові майданчики якого з розташованими на них резервуарами аміаку знаходяться в 800 м від хімічного заводу. Прийнято умову, що в результаті аварії стався витік аміаку. Максимальний час локалізації і ліквідації такої аварії - 1 ч. 40 хв. Це середній час поширення токсичної хмари до легкого рівня ураження на базі розробленої моделі. Інформація для моделі прийнята статична, отримана на момент виникнення гіпотетичної аварії. Була побудована мережева модель прибуття груп рятувальників та виконання робіт з локалізації і ліквідації події. Враховуючи те, що ряд робіт, які знаходяться на шляхах мережевий моделі, виконуються паралельно, загальний час ліквідації аварії визначається критичним шляхом - шляхом максимального часу виконання робіт. Отримані дані за формулами (2, 3) з урахуванням щохвилинного оновлення інформації про перебіг аварії дозволяють скоротити час локалізації та ліквідації аварії на 5 хв. 30 сек.

Все викладене може бути використано в моделях, методах та алгоритмах СППР для умов виробничих аварій і катастроф, надзвичайних ситуацій, природних катаклізмів, де необхідна швидка адаптація наявних алгоритмів до мінливих умов і висока точність обробки інформації для прийняття рішень.

## Література

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики - М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. - 552 с.
2. Бир Ст. Мозг фирмы / Бир Ст. – М.: Либроком, 2009. – 416 с.
3. Теслер Г.С. Концепция построения гарантоспособных вычислительных систем / Г.С. Теслер // Математичні машини і системи. – 2006. – №1. – С. 134-145.

### ВИКОРИСТАННЯ МАТРИЦЬ З $\varphi$ -СУБГАУССОВИМИ ВИПАДКОВИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ СИГНАЛІВ

Метою даної роботи є побудова узагальненої випадкової матриці, яка задовольняє обмеженим властивостям ізометрії. Нехай дані представлені у вигляді добутку вектора з не більш ніж  $K$  ненульовими координатами на задану матрицю. Показано, що для таких даних можна змінювати верхню межу величини  $K$ . Зокрема ми довели, що випадкові матриці, елементи яких є незалежними реалізаціями випадкових величин з  $\varphi$ -субгауссового простору, можуть бути використані в теорії стискаючих відображень для кодування векторів.

**Теорема:** Нехай  $A$  це матриця, що містить  $N$  стовпців і  $n$  рядків,  $a_{ij} = \frac{1}{\sqrt{n}} \xi_{ij}$ , де  $\xi_{ij}$  має узагальнений симетричний розподіл Вейбула, тобто для деякої сталої  $D > 0$  при  $x > 0$

$$P\{\xi > x\} \leq \frac{1}{2} \exp\{-\varphi(Dx)\}$$

де  $\varphi(x)$  така, що  $\psi(x) = \varphi(\sqrt{x})$ - опукла. Нехай  $x \in R^N$ ,  $E\xi_{ij}^2 = b$ . Тоді для довільного  $\varepsilon > 0$

$$P\left\{\left|\|Ax\|_2^2 - b\|x\|_2^2\right| > \varepsilon\|x\|_2^2\right\} \leq 2 \exp\left\{-\psi\left(\frac{D\varepsilon\sqrt{n}}{aS_{\psi^*}e^{48}}\right)\right\},$$

де  $S_{\varphi} = \max_{i=1,3} \gamma_i^{-1}$ ,  $\gamma_1$  - це корінь рівняння  $\gamma = \lambda_0 \sqrt{c_0(1-\gamma)}$ ;  $\gamma_2$  - це корінь рівняння

$\gamma^3 - 2(1-\gamma) = 0$ ;  $\gamma_3$  - це корінь рівняння  $\gamma = \varphi^{(-1)}(2)\sqrt{c_0(1-\gamma)}$ , де  $c_0 = \inf_{0 < |\lambda| \leq \lambda_0} \frac{\varphi(\lambda)}{\lambda^2}$ ,  $\lambda_0 > 0$  деяке

число,  $a = 1 + \exp\{\varphi(\sqrt{2C})\}$ ,  $C = 2 \int_0^{\infty} u \exp\{-\varphi(u)\} du$ ,  $\psi^*(x)$  - це перетворення Юнга-Фенхеля

функції  $\psi(x)$ .

### Література

1. Baraniuk, R., Davenport, M., DeVore, R. & Wakin, M. (2008) A Simple Proof of the Restricted Isometry Property for Random Matrices. In *Constructive Approximation*. Springer Science+Business Media.
2. Buldygin, V.V. & Kozachenko, Yu.V. (2000) *Metric characterization of random variables and random processes*. Amer. Math. Soc., Providence, RI.
3. Donoho, D. (2006) Compressed sensing. In *IEEE Trans. Inf. Theory* 52(4), 1289–1306.
4. Guiliano, R., Kozachenko, Yu. & Nikitina, T. (2003) Spaces of  $\varphi$ -subgaussian random variables. In *Memorie di Matematica e Applicazioni XXVII*, 1, 95-124.
5. Wojtaszczyk, P. (2008) Stability and instance optimality for Gaussian measurements in compressed sensing. In *Found. Comput. Math.*

**ЗНАХОДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ МОДЕЛІ ГАУССОВОГО  
ОДНОРІДНОГО ТА ІЗОТРОПНОГО ВИПАДКОВОГО ПОЛЯ У  $L_p(T)$ ,  $p \geq 1$** 

Дана робота присвячена побудові моделі гауссового однорідного та ізотропного випадкового поля, яка наближає його з заданою надійністю та точністю в просторі  $L_p(T)$ ,  $p \geq 1$ .

Нехай  $X = \{X(t, x), t \in R, x \in [0, 2\pi]\}$  – неперервне в середньому квадратичному, дійсне, гауссове, однорідне та ізотропне випадкове поле на  $R^2$ . Тоді легко отримати, подібно до того як це робилось для комплексного поля в [1], таке зображення

$$X(t, x) = \sum_{k=1}^{\infty} \cos(kx) \int_0^{\infty} J_k(t\lambda) d\eta_{1,k}(\lambda) + \sum_{k=1}^{\infty} \sin(kx) \int_0^{\infty} J_k(t\lambda) d\eta_{2,k}(\lambda),$$

де  $\eta_{i,k}(\lambda)$ ,  $i=1,2$ ,  $k=1, \dots, \infty$  – незалежні гауссові процеси з незалежними приростами,  $E\eta_{i,k}(\lambda) = 0$ ,  $E(\eta_{i,k}(b) - \eta_{i,k}(c))^2 = F(b) - F(c)$ ,  $b > c$ ,  $F(\lambda)$  – спектральна функція поля, а

$J_k(u)$  – функція Бесселя. Відомо, що  $J_k(u) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \cos(k\varphi - u \sin \varphi) d\varphi$ .

Розглядається розбиття  $L = \{\lambda_0, \dots, \lambda_N\}$  множини  $[0, \infty)$  таке, що  $\lambda_0 = 0$ ,  $\lambda_l < \lambda_{l+1}$ ,  $\lambda_{N-1} = \Lambda$ ,  $\lambda_N = \infty$  та  $C = \max_{0 < l \leq N-2} \frac{\lambda_{l+1}}{\lambda_l} < \infty$ .

За модель поля  $X(t, x)$  будемо брати

$$\hat{X}(t, x) = \sum_{k=1}^M \cos(kx) \sum_{l=0}^{N-1} \eta_{1,k,l} J_k(t\zeta_l) + \sum_{k=1}^M \sin(kx) \sum_{l=0}^{N-1} \eta_{2,k,l} J_k(t\zeta_l),$$

Де  $\eta_{i,k,l}$ ,  $i=1,2$  – незалежні гауссові випадкові величини,  $\eta_{i,k,l} = \int_{\lambda_l}^{\lambda_{l+1}} d\eta_{i,k}(\lambda)$  такі, що  $E\eta_{i,k,l} = 0$ ,  $E\eta_{i,k,l}^2 = F(\lambda_{l+1}) - F(\lambda_l) = b_l^2$ ,  $\zeta_l$  – незалежні випадкові величини, що не залежать від  $\eta_{i,k,l}$  та приймають значення на відрізках  $[\lambda_l, \lambda_{l+1}]$ ,  $b_l^2 > 0$  такі, що

$$F_l(\lambda) = P\{\zeta_l < \lambda\} = \frac{F(\lambda) - F(\lambda_l)}{F(\lambda_{l+1}) - F(\lambda_l)}.$$

Для такого випадкового поля  $X(t, x)$  та моделі  $\hat{X}(t, x)$  має місце наступна теорема.

**Теорема:** Нехай при  $\frac{1}{2} < \alpha \leq 1$  збігається інтеграл  $\int_0^{\infty} \lambda^{2\alpha} dF(\lambda) < \infty$  і нехай в моделі  $\hat{X}(t, x)$ ,  $t \in [0, T]$ ,  $x \in [0, 2\pi]$  розбиття таке, що має місце наступна нерівність

$$I \leq \frac{\varepsilon^p}{\max\left(\left(2 \ln \frac{2}{\delta}\right)^{\frac{p}{2}}, p^{\frac{p}{2}}\right)},$$

де

$$I = \frac{T^{p\alpha+1}}{p\alpha+1} \left( \frac{2^p D_p^3}{(2\alpha-1)^{\frac{p}{2}}} \left( 2\alpha - \frac{1}{M^{2\alpha-1}} \right)^{\frac{p}{2}} 2^{\frac{p}{2}+1} 4^{p(1-\alpha)} \pi^{p\alpha+1} \left( \sum_{l=0}^{N-2} |\lambda_{l+1} - \lambda_l|^{2\alpha} b_l^2 \right)^{\frac{p}{2}} \right) +$$

$$\begin{aligned}
& + D_p 2^{p(1-\alpha)+1} \pi^{p\alpha+1} \left( \frac{4}{(2\alpha-1)M^{2\alpha-1}} \right)^{\frac{p}{2}} \left( \int_0^\infty \lambda^{2\alpha} dF(\lambda) \right)^{\frac{p}{2}} + \frac{T^{2p\alpha+1}}{2p\alpha+1} \frac{2^p D_p^3}{(2\alpha-1)^{\frac{p}{2}}} \left( 2\alpha - \frac{1}{M^{2\alpha-1}} \right)^{\frac{p}{2}} \times \\
& \times 2^{\frac{p}{2}+1} 4^{p(1-\alpha)} \pi^{p\alpha+1} \left( \frac{1+C}{2} \right)^{p\alpha} \left( \sum_{l=0}^{N-2} |\lambda_{l+1} - \lambda_l|^{2\alpha} \int_{\lambda_l}^{\lambda_{l+1}} \lambda^{2\alpha} dF(\lambda) \right)^{\frac{p}{2}} + \\
& + T \cdot 2^{2p+1} \pi D_p^2 M^{\frac{p}{2}} (F(+\infty) - F(\Lambda))^{\frac{p}{2}}, \\
& C = \max_{0 < l \leq N-2} \frac{\lambda_{l+1}}{\lambda_l}, \quad D_p = \begin{cases} 1, & \text{при } 0 < \frac{p}{2} \leq 1, \\ 2^{\frac{p-1}{2}}, & \text{при } \frac{p}{2} > 1. \end{cases}
\end{aligned}$$

Тоді ця модель наближається до гауссового поля  $X(t, x)$  з надійністю  $1 - \delta$ ,  $0 < \delta < 1$  та точністю  $\varepsilon > 0$  у просторі  $L_p(T)$ ,  $p \geq 1$ .

### Література

1. М. Й. Ядренко, Спектральная теория случайных полей, «Вища школа», Киев, 1980.
2. В. В. Булигін, Ю. В. Козаченко, Метричні характеристики випадкових величин і процесів, «ГВіМС», Київ, 1998.
3. С. М. Єрмаков, Г. А. Михайлов, Курс статистического моделирования, «Наука», Москва, 1982.
4. Ю.В. Козаченко, О.Є. Каменщикова, Апроксимація  $SSub_\varphi(\Omega)$  випадкових процесів у просторі  $L_p(T)$ , Теор. ймовір. та матем. статист. 79 (2008), 73-78.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ТА ЇХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

В предметній області хімічного виробництва, насамперед у сфері управління якістю, потрібно усе більше комп'ютерних функцій, що реалізують механізми вибору та прийняття рішень. На рішення таких задач спрямований мультиагентний підхід, що з'єднує досягнення системного аналізу і програмування та штучного інтелекту.

Агенти представляють собою автономні модулі, реалізовані на основі відповідного програмного забезпечення і/чи інтуїції і досвіду людини (експерта) та взаємодіють між собою і з людьми (у рамках багатоагентної системи) і реалізують інформаційні процеси в комп'ютерному середовищі. Можна сказати, що функціонування багатоагентної системи повинне забезпечувати представлення інтересів людей (часток обличчя, груп і співтовариств) у глобальному комп'ютерному середовищі. Без такого інтелектуалізованого "прошарку" навряд чи можна говорити про партнерство людей і комп'ютерів.

У даній роботі з урахуванням окремих тенденцій розвитку ГКС будується багатоагентна сценарно-когнітивна модель інформаційної системи управління якістю з інтелектуальними підсистемами підтримки прийняття рішень, у яких активну участь приймає людина (колектив людей). В даний час міняється підхід до розробки таких систем. Якщо раніше керування в основному було "реактивним" (керуючим впливом на систему являли собою реакції на ситуації і проблеми, що виникають у системі), то тепер стає "превентивним". Для цього управління організаційними системами повинне здійснюватися з застосуванням комп'ютерного моделювання і прогнозування поведінки системи на кожний наступний інтервал часу.

Управління якістю будемо здійснювати таким чином. Фіксується початковий набір показників якості, що характеризують стан функціонування підприємства і послідовність часових інтервалів, на яких повинна бути промодельована робота підприємства. Для кожного  $i$ -го інтервалу ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) встановлюється початковий стан (набір значень показників якості в початковій точці інтервалу) і задається набір можливих рішень для цього інтервалу, що відповідають керуючим впливам на систему. Деякі з рішень для  $i$ -го інтервалу з урахуванням обмежень на ресурси, можливості підприємства і т.д. можуть виконуватися паралельно, тобто бути сумісними. Завданням на множині рішень для  $i$ -го інтервалу відносин сумісності (наприклад, у виді графа) і визначенням класів еквівалентності цього відношення можна знаходити підмножину сумісних рішень, що надалі будемо називати макрорішеннями.

Модель управління якістю на  $i$ -му інтервалі функціонує на основі наступної процедури.

1. Формується експертна матриця взаємозв'язку між показниками якості за правилами когнітивного (концептуального) моделювання.

2. Для кожного макрорішення експерт формує вихідні умови - початковий набір значень показників, обумовлений цим макрорішенням.

3. На базі матриці взаємозв'язків при встановлених початкових умовах моделюється робота підприємства на  $i$ -му інтервалі і визначається прогнозований фінальний стан (у кінцевій точці інтервалу) при даному макрорішенні.

4. На основі прогнозованих фінальних станів за всіма макрорішеннями вибирається оптимальне макрорішення, що відповідає прийнятому критерію управління.

5. Для обраного макрорішення формується графоаналітична (сценарна) модель, що відображає динаміку його виконання.

6. Проводиться комп'ютерне моделювання виконання обраного макрорішення, і знаходиться фактичний стан якості підприємства в кінцевій точці  $i$ -го інтервалу. Цей стан приймається за початкове для наступного  $(i+1)$ -го інтервалу, і всі кроки процедури повторюються вже для  $(i+1)$ -го інтервалу.



По своїй архітектурі інформаційна система представляється як мережа з взаємозалежних автономних "інтелектуальних" структурних одиниць, що називаються агентами. Модель агента, у свою чергу, складається з двох частин: виконавчої структури і сценарію. Виконавча структура задає колектив внутрішніх виконавців (процесів) і інформаційно-матеріальні зв'язки з зовнішнім середовищем і процесами. Сценарій установлює черговість активізації процесів. Виконавча структура визначає потенційно можливе поведіння агента, що допускається зв'язками між процесами, між процесами і зовнішнім середовищем, а сценарій накладає обмеження на потенційно можливе поведіння агента. Серед агентів виділяється особливий - режисер, що реалізує перший - четвертий кроки процедури моделювання. Інші агенти виконавчі, вони набудовуються на п'ятому кроці і приводяться в дію на шостому.

Математичний апарат для формального опису агентів складають процесо-ресурсно-об'єктні граfi, граfi операції і мови для відображення перетворень, реалізованих процесами. За допомогою прографів будується модель виконавчої структури агентів, граfi операцій використовуються для складання сценарію їхньої роботи. Відмітимо, що як прографи, так і граfi операцій є модифікаціями мереж Петрі. Перетворення, реалізовані процесами, часто виражають продукційними правилами (формулами «якщо – то»).

Особливість пропонованого багатоагентного підходу – сполучення принципів когнітивного і сценарного підходів, реалізованих агентами. Звідси і термін: "сценарно-когнітивна багатоагентна модель".

### **Література**

1. Борисов В.В. Мультиагентное моделирование сложных организационно-технических систем в условиях противоборства / В. В. Борисов, В.В. Сысков // Информационные технологии. – 2012. □ №4. – С.7-14.
2. Юдицкий С.А. Алгебраическое представление модели многоагентных сетей. / С. А. Юдицкий // Управление большими системами. – 2011. □ № 34. – с.30 – 45.

**Федунов Б.Е., Смеюха А.В.**

[boris\\_fed@gosniias.ru](mailto:boris_fed@gosniias.ru), [annatutta@gmail.com](mailto:annatutta@gmail.com)

РФ Москва. Государственный Научный Центр ФГУП ГосНИИАС

## **ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОПЕРАТОРОМ И ИМИТАЦИЯ ЕГО В СИСТЕМАХ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

В соответствии с концептуальной моделью «Этап» [1,2] на антропоцентрическом объекте (Антр/объект) в его системообразующем ядре различают два глобальных уровня управления. На первом глобальном уровне управления (I ГЛУУ) решается задача оперативного целеполагания, на втором глобальном уровне управления (II ГЛУУ) находится способ достижения оперативно назначенной цели. Задачи каждого ГЛУУ совместно решаются бортовыми интеллектуальными системами и экипажем (оператором) Антр/объекта. Типы бортовых интеллектуальных систем и типы решений оператора для каждого ГЛУУ показаны в таблице.

| ГЛУУ на Антр/объекте | Тип бортовой интеллектуальной системы [3]   | Тип решений оператора    |
|----------------------|---|--------------------------|
| I ГЛУУ               | Интеллектуальная информационная система «Ситуационная осведомленность экипажа» (ИИС СОЭ) [4]                      | Эвристические решения    |
| II ГЛУУ              | Бортовые оперативно советуемые экспертные системы типовых ситуаций функционирования Антр/объекта (БОСЭС ТС) [5,6] | Речемыслительные решения |

При создании алгоритмического и индикационного обеспечения (АиИО) системообразующего ядра Антр/объекта отработка и оценка эффективности АиИО задач I ГЛУУ проводится только с реальными операторами, как правило, на комплексах полунатурного моделирования (КПМ). АиИО задач II ГЛУУ первоначально проводится на математических моделях типовых ситуаций функционирования Антр/объекта (ММ-ТС), в которых имитация деятельности оператора (экипажа) происходит в специальном блоке ситуационного управления (БСУ-ТС).

Для конкретизации изложения в качестве представителя Антр/объекта выберем «Самолет», а в качестве типовой ситуации функционирования самолета выберем ситуацию «Посадка на запасной аэродром».

Имитация работы летчика в типовой ситуации «Посадка на запасной аэродром» реализуется через блок ситуационного управления БСУ(самолета)- ТС «Посадка на запасной аэродром» (далее по тексту БСУ(самолета)- ТС «Посадка...»)

Разработка блока начинается с этапа составления графа решения оператора (ГРО) (самолета) ТС «Посадка на запасной аэродром» при использовании информации по описанию информационно- управляющего поля кабины самолета. По каждой ветке построенного ГРО (самолета), для данной типовой ситуации проводится оценка временных затрат летчика на выполнение его элементов [7].

Алгоритмы деятельности оператора при системном проектировании алгоритмов бортового интеллекта представляются в виде графа, вершины которого – принимаемые оператором решения, а дуги - причинно-следственные отношения вершин. Данный граф назван графом решений оператора (ГРО) [7].

Методика разработки графа решений оператора

Типовая ситуация «Посадка на запасной аэродром» начинается с получения летчиком информации от диспетчера о невозможности принять борт. Далее пилоту необходимо оценить

состояние самолета (запас топлива, корректность работы всех систем самолета) и рассмотреть предложенные ему возможные варианты запасных аэродромов.

Выбрав один из вариантов запасных аэродромов, сообщает о своем решении диспетчеру и получает от него координаты аэродрома. Далее изменяет курс в соответствии с заданными координатами выбранного аэродрома и продолжает движение в направлении аэродрома.

Граф решений оператора (ГРО) отражает моменты переключения концептуальных моделей поведения летчика, показывает временные затраты на каждый этап составляющую деятельности лётчика. Решения ГРО относятся к перцептивно-опознавательным решениям ( $\pi$ -решения), к речемыслительным решениям ( $\rho$ -решения), концептуальным моделям и действиям в режимах слежения (см. рисунок 1а).

Каждое отмеченное в ГРО решение охарактеризовано:

- входной информацией:
- структурой решения: количеством оперативных единиц восприятия (ОЕВ), составом и последовательностью элементарных актов выработки решения (ЭАВР), представляемых через индикационную символику на кадрах кабинных индикаторов;
- выходной информацией: составом и последовательностью ручных операций, необходимых для реализации принятого решения.

На графе отмечаются моменты смены оператором своей концептуальной модели поведения; участки, на которых оператор должен работать как элемент следящей системы (см. рисунок 1а). При этом состав и описание динамических звеньев этой следящей системы на рассматриваемом этапе проектирования отсутствуют (имеется только представление о зависимости времени отработки оператором начального рассогласования).

Для каждой вершины ГРО вычисляются временные затраты летчика на его перцептивно-опознавательные ( $\pi$ -) и речемыслительные ( $\rho$ -) решения (см. рисунок 1а). Оценка временных затрат производится в соответствии с формулами и таблицами [7].

Входы ГРО – информация на ИУП, структурой решения является ОЕВ (символов на индикаторах ИУП) и ЭАВР. Выходы ГРО представляются в виде последовательности ручных операций летчика для реализации принятого решения.

БСУ (самолета)- ТС «Посадка...» разрабатывается на основе созданного ранее ГРО (см. рисунок 1б). Данный блок является графом, имеющий древовидную структуру «корнем вверх». Все решения и проверки условий, по возможности, заменяются на аналогичные действия исполняемыми БСУ (самолета) - ТС «Посадка...». Связи между действиями могут представлять собой сигналы, которыми они связываются между собой.

Временные затраты летчика на его перцептивно-опознавательные ( $\pi$ -) и речемыслительные ( $\rho$ -) решения в данной ТС «Посадка...» поступают на вход БСУ(самолета)-ТС «Посадка...». Блок БСУ (самолета)- ТС «Посадка...». вызывается с определенной частотой, в соответствии с этим необходимо использовать временные задержки на повторный запуск блока до конца его работы по определённой «ветке».

Этапы разработки БСУ-ТС самолета для конкретной ТС

- Составляется граф решений оператора (ГРО) в конкретной ТС на основе анализа кадров индикации ИУП и применяемых в данной ТС органов управления на ИУП кабины самолета.
- Составляется спецификация используемых в ГРО переменных, поступающих от задействованных в данной ТС БЦВМ-алгоритмов. Полученный перечень переменных оформляется в виде входных и выходных сигналов проектируемого БСУ-ТС.
- Составляется блок-схема БСУ-ТС, включающая временные задержки по каждой ветке БСУ-ТС.

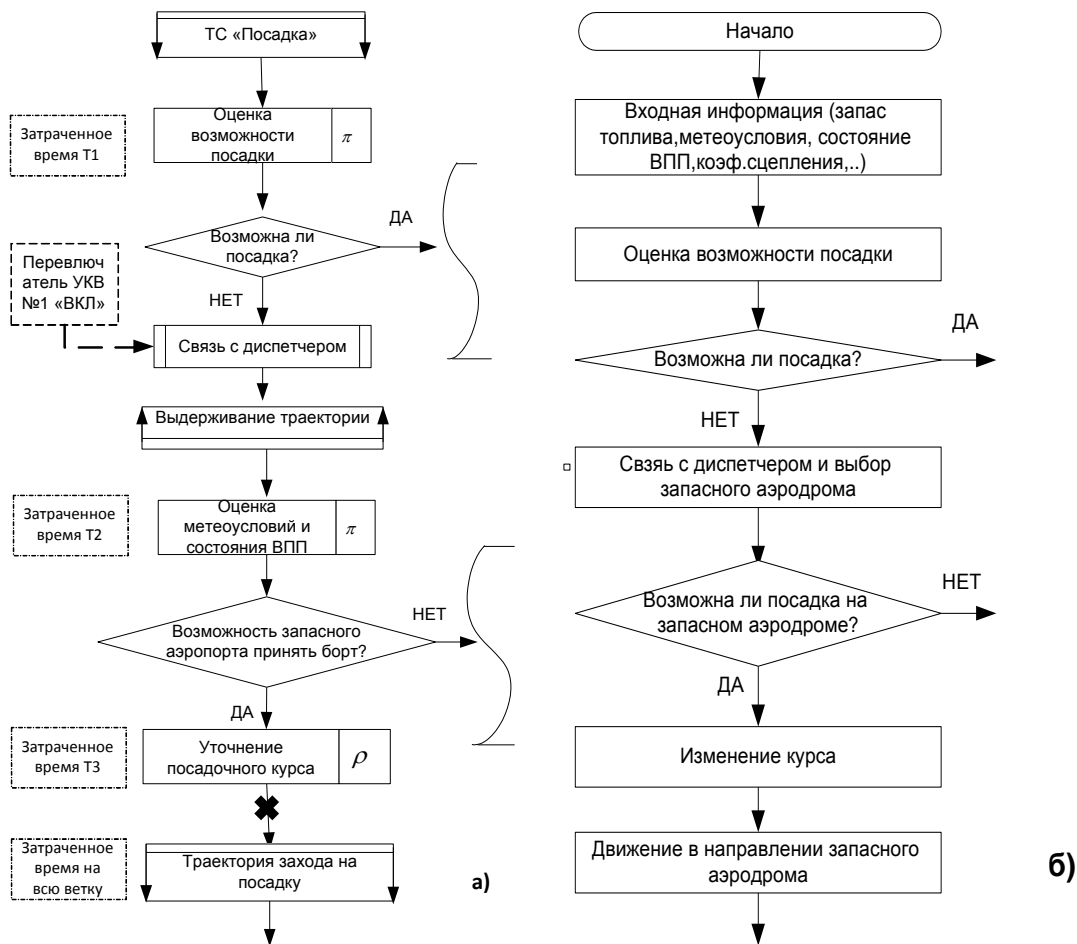


Рисунок 1. а)- фрагмент ГРО(самолета)- ТС «Посадка...» б)- Фрагмент БСУ (самолета)- ТС «Посадка...»

## Литература

1. Федун Б.Е. Модель «Этап» для разработки облика бортовых интеллектуальных систем антропоцентрических объектов. Изд. «Новая техника». г. Самара. Журнал «Онтология проектирования». №2 (4), 2012, стр.36- 43.
2. Федун Б.Е. Конструктивная семантика антропоцентрических систем для разработки и анализа спецификаций алгоритмов бортового интеллекта. – М., Изв. РАН, ТиСУ. №5, 1998.
3. В.Е. Fedunov. Intelligent Systems for the System Generating Core of Anthropocentric Objects. Proceedings of the 13<sup>th</sup> International Workshop on CITS'2011., vol. 1. Bavaria, Germany. Sep.-Oct. 2011. pp.57-59.
4. В.Ф.Грибков, Б.Е.Федун. Бортовая информационная интеллектуальная система «Ситуационная осведомленность экипажа боевых самолетов». В книге «Интеллектуальные системы управления». Под. редакцией акад. РАН С.Н.Васильева. Изд. Машиностроение. 2010. Стр.108-116
5. Федун Б.Е. Проблемы разработки бортовых оперативно-советующих экспертных систем для антропоцентрических объектов. // Изв. РАН. ТиСУ. 1996. № 5. стр.147-159
6. Б.Е. Федун. Базовая алгоритмическая оболочка бортовых оперативно советующих экспертных систем типовых ситуаций функционирования объекта.– М., Изв. РАН, ТиСУ. №.5 , 2009. стр. 90 -101.
7. Федун Б.Е. Методика экспресс-оценки реализуемости графа решений оператора антропоцентрического объекта на этапе разработки спецификаций алгоритмов бортового интеллекта. – М., Изв. РАН, ТиСУ. №.3, 2002.

**Ходак М.В., Кучеренко Е.И.**  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
e-mail: [marinkhodak@yandex.ru](mailto:marinkhodak@yandex.ru)

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Под автоматизацией следует понимать оснащение железнодорожной станции автоматизированной системой микропроцессорной централизации. Данная система состоит из управляющего программно-технического комплекса и напольного оборудования железнодорожной автоматики. Основной целью модернизации является автоматизация системы микропроцессорной централизации с применением современных решений по управлению движением подвижного состава на железнодорожной станции на базе программно-технических средств, промышленной автоматизации (измерительных, сетевых, коммутационных).

Особенностью разработанного программно-технического комплекса является применение системы автоматизированного контроля занятости участков пути методом счета осей подвижного состава. В мировой практике метод счета осей для контроля занятости участков считается более надёжным и экономичным с точки зрения материальных затрат на внедрение и эксплуатацию оборудования по сравнению с традиционно используемым методом контроля состояния путевых реле. Применение данного метода эффективно в автоматике промышленного железнодорожного транспорта.

Данная система состоит:

- программно-технического комплекса, ориентированного на конкретный объект автоматизации;
- модуля логического управления;
- системы контроля, защиты и автоматизированного управления;
- счетных пунктов и путевых датчиков объекта.

Входящая в состав программно-технического комплекса системы контроля занятости участков пути с использованием метода счета осей, за исключением функции контроля целостности рельсовых нитей.

Принцип действия системы контроля, защиты и автоматизированного управления основан на подсчете и сравнении количества колесных пар, прошедших через точки счета, установленные на входе и выходе участков пути (неразветвленных или разветвленных). При этом система обеспечивает непрерывный контроль состояния путевых участков, отслеживает положение и направление движения единиц подвижного состава на станции. В состав напольного оборудования СКЗУ входят счетные пункты (СП), размещаемые на входе и выходе контролируемых участков. СП предназначены для преобразования аналоговой информации от датчиков, входящих в их состав, в цифровой вид передачи информации на постовое оборудование.

В состав каждого счетного пункта входят:

- 1) Два путевых датчика (два канала, устанавливаются на разных рельсах пути по одной ординате) для фиксации нахождения над ними колёсной пары и определения характера её передвижения для этого применяются позиционные дифференциальные датчики типа ДПД-03-03.
- 2) Два блока СП (двухканальных, устанавливаемых на расстоянии 2-3м от оси пути), построенные на базе программируемых микроконтроллеров.

Датчики типа ДПД-03-03 имеют выходной сигнал в виде импульса тока на нагрузку не более 500 Ом. Датчик с отдельными выходами двух чувствительных элементов позволяет осуществлять дистанционный контроль положения датчика относительно рельса, включая случаи падения на путь, а также контроль целостности цепей питания датчика.

Датчик типа ДПД-03-03 имеет следующие характеристики

- 1) Напряжение питания  $+18 \pm 10\%$  В

- 2) Внутренняя частота генератора  $40 \pm 5\%$  Гц
  - 3) Время готовности к работе после подачи питания, не более 30с
  - 4) Ток потребления, не более 80мА
  - 5) Уровень выходного сигнала при отсутствии воздействия металлических предметов,  $>18\text{мА}$
  - 6) Уровень выходного сигнала при установке датчика на рельс от 14 до 17 мА
- Диапазоны выходных сигналов датчика серии ДПД-03 показаны на рисунке 1

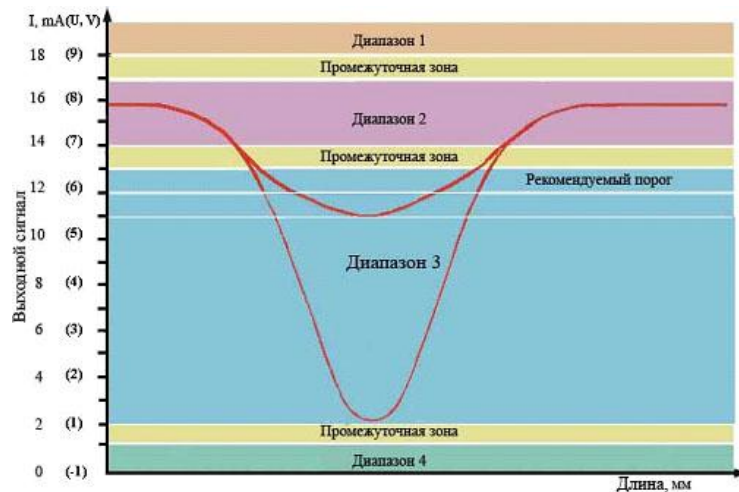


Рисунок 1 – Сигналы управления

Функция датчика  $\Theta$  определена в виде:

$$\theta = \begin{cases} 1, I > I^I, U^I < U < U^{II}, \\ 0, I^{II} < I < I^{III}, U^{III} < U < U^{IV}, \\ true, I^{IV} < I, U < U^{IV}, \\ I > I^V, U > U^{VI} \\ false, I^{IV} < I \cup I > I^V, \\ U < U^V \cup U > U^{VI} \end{cases}$$

где,  $I^I, \dots, I^V$  – нормы токовой нагрузки,  
 $U^I, \dots, U^{VI}$  – нормы напряжения.

С помощью данной системы оператор идентифицирует состояние путевого развития станции и привязке к параметрам информационной базы ПТК АС МПЦ. Для большего удобства работы с системой отображение информации на экранах дисплеев обеспечивает получение для каждой зоны контроля и управления полной характеристики текущего состояния, архивных данных напольного и постового оборудования в виде, наиболее удобном для восприятия в конкретной ситуации.

### Литература

1. Системы автоматизации и информационные технологии управления перевозками на железных дорогах/ В. А. Гапанович, А. А. Грачев и др.; Под ред. В.И. Ковалева, А.Т. Осьминина, Г.М. Грошева.—М.: Маршрут, 2006. — 544 с.
2. Путьевые датчики с отдельными выходами серии ДПД-03 [Электронный ресурс]. – режимдоступа <http://dsktb-scat.com/index.php/ru/2010-10-25-11-17-27/2010-10-24-12-41-52/-03>

## СТОХАСТИЧНИЙ АЛГОРИТМ ЛЕКСИКОГРАФІЧНОГО ПОШУКУ РОЗВ'ЯЗКУ БУЛЕВОЇ ЗАДАЧІ ПРО РАНЕЦЬ

Розглянемо задачу булевого лінійного програмування:

$$\text{максимізувати} \quad x_0 = \sum_{j=1}^n c_j x_j, \quad (1)$$

$$\text{за умов} \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

$$\text{де } x_j \in \{0,1\}, \quad c_j \geq 0, b_i \geq 0, a_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

Через  $X$  позначимо множину допустимих значень задачі.

На сьогоднішній день існує багато алгоритмів відшукування оптимального розв'язку такої задачі [1,2]. Для детермінованих алгоритмів перевагою є те, що теоретично гарантується досяжність оптимального розв'язку, але основним недоліком при цьому постає час його відшукування. Тому в останній час перевага віддається стохастичним алгоритмам [1,3,4] які, використовуючи певні процедури випадкового вибору параметрів, з одного боку не гарантують отримання оптимального розв'язку але з іншого, за прийнятний час дають результати, що дуже близькі до оптимального або навіть оптимальні.

В даній роботі пропонується стохастичний алгоритм, що використовує ідеї детермінованого лексикографічного пошуку розв'язку задачі (1)–(3). В класичному детермінованому алгоритмі лексикографічного пошуку на кожному кроці будується лексикографічно спадна послідовність розв'язків:

$$x^k = y^0 \succ^L z^0 \succ^L \dots z^r \succ^L y^r \succ^L \dots \succ^L z^q \succ^L y^q = x^{k+1}$$

( $\succ^L$  - знак лексикографічного відношення більше), де  $z^r = \max^L \{x \in B^n | x \prec^L y^{r-1}, x_0(x) > x_0(x^k)\}$ ,  $y^r = \max^L \{x \in X | x \prec^L z^r\}$  ( $\max^L \{ \}$  - лексикографічний максимум множини). В процесі побудови такої послідовності гарантується, що не буде пропущений жоден придатний допустимий варіант. Отже оптимальний розв'язок теж не буде пропущено. На жаль, зі збільшенням номеру кроку  $k$  кількість членів такої послідовності значно зростає.

В запропонованому підході, на кожному кроці фіксується варіант  $s^k$ , що є нижньою межею пошуку та робиться спроба за певну кількість випробувань знайти допустимий розв'язок множини

$$\{x \in X | s^k \preceq^L x \prec^L x^k, x_0(x) > x_0(x^k)\}. \quad (4)$$

В процесі кожного випробування випадковим чином будується розв'язок  $z^t$ , що належить множині  $\{x \in B^n | s^k \preceq^L x \prec^L x^k, x_0(x) > x_0(x^k)\}$  та уточнюється шляхом відшукування допустимого розв'язку  $y^t = \max^L \{x \in X | s^k \preceq^L x \prec^L z^t, \}$ .

Основна ідея, що покладена в основу даного алгоритму полягає в тому що існує таке впорядкування номерів змінних задачі (1)–(3) при якому лексикографічний максимум допустимої множини буде співпадати з оптимальним розв'язком булевої задачі про ранець. Зрозуміло що усіх можливих впорядкувань номерів з  $n$  змінних або порядків є  $n!$ , в той же час потужність множини  $B^n$  становить  $2^n$ , що значно менше за  $n!$ . Але при вдалому виборі таких порядків можна досягти гарних результатів. Отже, в загальному, бажано організувати перегляд порядків так щоби потрапити на порядок в якому лексикографічний максимум допустимої множини розв'язків буде співпадати з оптимальним розв'язком задачі, або, при наймі, може бути досягнутий в результаті не значної кількості кроків детермінованого алгоритму лексикографічного пошуку. Опишемо загальну схему запропонованого підходу.

Крок 0.  $k=0$ . Визначаємо початковий порядок *order*<sup>k</sup>. Впорядковуємо стовпчики матриці обмежень за цим порядком та знаходимо  $x^k = \max^L X$ ,  $f_k = x_0(x^k)$ ,  $f_{max} = f_k$ ,  $x^{max} = x^k$ . Фіксуємо значення  $1 < L < n$ . Згідно  $L$  розбиваємо координати розв'язку на дві

частини  $x^k = (\bar{x}^k, \bar{x}^k)$ ,  $\bar{x}^k = (x_1^k, \dots, x_{L-1}^k)$ ,  $\bar{x}^k = (x_L^k, \dots, x_n^k)$ . В результаті випробувань виявилось, що найбільш придатним значенням  $L$  є сума координат розв'язку  $x^0$ .

Крок  $k(k > 0)$ . Визначаємо черговий порядок  $order^k$ . Впорядковуємо стовпчики матриці обмежень за цим порядком. Також впорядковуємо координати вектору  $x^{max}$ . Покладаємо  $x^k = x^{max}$ ,  $f_k = f_{max}$ . Організуємо цикл спроб з наперед заданою максимальною кількістю кроків. На кожному кроці циклу виконуємо наступні дії:

- Випадковим чином змінюємо певну кількість координат вектору  $\bar{x}^k$  на протилежні.

- Формуємо вектор  $s^k = (\bar{x}^k, 0)$

- Виконуємо процедуру випадкового лексикографічного пошуку на множині (4) за схемою, що описана вище. Іншими словами, випадковий лексикографічний пошук на множині (4) здійснюємо тільки серед координат вектору  $\bar{x}^k$ . Нехай  $y^k$  - отриманий в результаті цього пошуку розв'язок.

- Якщо  $x_0(y^k) > f_k$ , тоді покладаємо  $x^k = y^k$ ,  $f_k = x_0(y^k)$ ,  $f_{max} = f_k$ ,  $x^{max} = x^k$  та завершуємо цикл спроб.

- Переходимо до наступного кроку циклу спроб.

Якщо час роботи алгоритму досяг максимально можливого, тоді припиняємо обчислення. Інакше,  $k = k + 1$  та переходимо до наступного кроку.

В залежності від правил вибору порядків  $order^k$  на кожному кроці, а також формування вектору  $\bar{x}^k$  ми можемо отримувати різні схеми запропонованого алгоритму. Слід зазначити, що початковий порядок може бути отриманий в результаті розв'язання лінійної релаксації задачі (1)-(3), а саме впорядкуванням координат за спаданням значень оптимального розв'язку відповідної лінійної задачі.

У табл. 1 наведені деякі результати розв'язання серії тестових задач Chu-Beasley з відомої бібліотеки OR-Library ([people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/mknapsinfo.html](http://people.brunel.ac.uk/~mastjjb/jeb/orlib/mknapsinfo.html)). Перший стовпець містить розмірність та номер задачі, другий – результати отримані в [4], третій – результати роботи запропонованого алгоритму. Слід зазначити, що більшість результатів з [4] було повторено, а табл. 1 містить покращені результати для задач розмірністю 5x500.

Табл. 1

|             |        |         |
|-------------|--------|---------|
| Задача      | LP +TS | RandLex |
| CB05.500.00 | 120134 | 120145  |
| CB05.500.13 | 223558 | 223560  |
| CB05.500.17 | 218194 | 218215  |
| Задача      | LP +TS | RandLex |
| CB05.500.19 | 219704 | 219717  |
| CB05.500.21 | 308083 | 308086  |
| CB05.500.23 | 306478 | 306480  |

## Література

1. Сергієнко І.В., Шило В.П. Задачі дискретної оптимізації. Проблеми, методи розв'язання, дослідження. – К.: Наукова думка, 2003. – 261 с.
2. Червак Ю.Ю. Оптимізація. Непокращуваний вибір. - Ужгород. Ужгородський Національний університет, 2002. – 312 с.
3. Chu, P.C., J.E. Beasley. 1998. A genetic algorithm for the multiconstrained knapsack problem. J. Heuristics 4 63–86.
4. M. Vasquez and J.K. Hao. A Hybrid Approach for the 0–1 Multidimensional Knapsack Problem. In proceedings of the 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-01), volume 1, pages 328–333, Seattle, Washington, USA, August 2001.



## **ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ СУБ'ЄКТА ГОСПОДАРЮВАННЯ**

Конкурентоспроможність підприємства, фірми характеризується наявністю конкурентних переваг, тобто якостей, які відсутні або менше виражені у суперників. Виникненню конкурентних переваг може сприяти використання найрізноманітніших більш вигідних виробничих ресурсів, нових технологій, кращий кадровий склад і його вища кваліфікація, надійніше фінансове забезпечення, багатший досвід і навички в організації виробничо-збутової діяльності, активніше стимулювання збуту, уміле використання маркетингу і комерційної співпраці тощо.

Сучасні умови функціонування промислового підприємства на ринку виробників в значній мірі визначаються вимогами споживачів, а також діяльністю підприємств конкурентів. Тому при прийнятті управлінських рішень завжди виникають три питання, на які потрібно дати відповідь:

- який рівень конкурентоспроможності суб'єкта господарювання, тобто провести аналіз існуючої обстановки;
- якого рівня ми хочемо досягнути, тобто чітко сформулювати цілі та параметри, за якими визначається ступінь досягнення мети;
- що робити, тобто які рішення та дії необхідно прийняти, щоб досягти поставленої мети.

Із допомогою методики комплексної оцінки конкурентоспроможності підприємства запропонованої у роботі [1] ми можемо відповісти на перше запитання.

Керівник підприємства повинен відповісти на питання про бажані оцінки критеріїв конкурентоспроможності підприємства. Далі розраховується різниця між бажаним і поточним станом підприємства. Можна вважати, що, чим більша ця різниця, тим більше зусиль потрібно для досягнення потрібного результату. Послідовність «відстаней» ранжує критерії по їх важливості з точки зору керівника, і показує на чому потрібно зосередити увагу. Тобто, чим більша різниця між бажаним та поточним станом критерію, тим більшої уваги потребує цей критерій.

Залишилося дати відповідь на третє питання: що робити.

З усіх засобів управління, що існують сьогодні найбільш прогресивним, радикальним і універсальним є реінжиніринг бізнес-процесів. Поява концепції реінжинірингу – це наслідок жорсткої конкурентної боротьби, витримати яку можна лише, впроваджуючи нові, наукомісткі інноваційні технології[2]. Більшість компаній, що проводили реінжиніринг свого підприємства, були просто змушені зважитись на цей крок, оскільки опинились перед обличчям кризи. Сутність реінжинірингу полягає у радикальній перебудові бізнес-процесів підприємства. Принцип реінжинірингу у застосуванні до логістики може призвести до грандіозних змін. Він дасть змогу: підвищити управління підприємством, створити передумови для зниження витрат організації, підвищити операційну ефективність підприємства.

### **Література**

1. Волошин О.Ф. Моделювання конкурентоспроможності об'єктів економічної діяльності за допомогою нечітких множин / О.Ф. Волошин, М.М. Маляр, М.М. Шаркаді М.М. // Вісник національного університету «Львівська політехніка». №690 Логістика. – Львів, 2010.- с.534-540.
2. Хаммер М. Реінжиніринг корпорації: манифест революції в бізнесі/ М. Хаммер, Дж. Чампи – СПб.:Издательство Санкт-Петербургского ун-та, 1997.

Шкільняк О.С.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
e-mail: me.oksana@gmail.com**МОДАЛЬНІ ЛОГІКИ ЧАСТКОВИХ НЕМОНОТОННИХ ПРЕДИКАТІВ**

Для опису й моделювання різноманітних предметних областей і аспектів діяльності людини з великим успіхом використовується апарат модальних логік. Темпоральні логіки застосовуються для моделювання динамічних систем, специфікації та верифікації програм, на базі цих логік розроблено низку систем і мов специфікацій. Епістемічні логіки успішно використовуються для опису інформаційних та експертних систем, баз даних і баз знань з неповною інформацією. Водночас принципів обмеження класичної логіки предикатів, яка лежить в основі традиційних модальних логік, висувають на перший план задачу побудови нових, програмно-орієнтованих класів логічних формалізмів модального типу. Такими є композиційно-номінативні модальні логіки (КНМЛ), які поєднують можливості композиційно-номінативних логік часткових квазіарних предикатів [1] і традиційних модальних логік. Дуже важливим класом КНМЛ є транзиційні модальні логіки (ТМЛ), вони відбивають аспект зміни й розвитку предметних областей. Низку класів ТМЛ еквітонних (монотонних) предикатів запропоновано та досліджено, зокрема, в роботах [2, 3].

Метою даної доповіді є побудова та дослідження нових класів КНМЛ. Запропоновано ТМЛ часткових квазіарних предикатів, *не обмежених* умовою монотонності. Підкласами ТМЛ є мультимодальні (ММЛ) та темпоральні (ТмМЛ) логіки, в межах ММЛ далі виділено ТМЛ епістемічного типу та загальні ТМЛ. Описано семантичні моделі та мови чистих першопорядкових ТМЛ зазначених класів, розглянуто їх семантичні властивості.

Поняття *композиційно-номінативної модальної системи* (КНМС) – це основне семантичне поняття КНМЛ. КНМС – це об'єкт вигляду  $M = (Cms, Fm, Im)$ . Тут  $Cms$  – композиційна модальна система (КМС), вона задає семантичні аспекти світу;  $Fm$  – множина формул відповідної мови КНМЛ;  $Im$  – відображення інтерпретації формул на станах світу.

КМС можна віднести до семантичних моделей реляційного типу. Вони мають вигляд  $Cms = (S, R, Pr, C)$ , де  $S$  – множина станів світу,  $R$  – множина відношень на  $S$  вигляду  $\rho \subseteq S \times S^n$ ,  $Pr$  – множина предикатів на станах світу,  $C$  – множина композицій на  $Pr$ .

В доповіді розглядаємо чисті першопорядкові КНМС. Для них  $S$  – це множина алгебраїчних систем вигляду  $\alpha = (A_\alpha, Pr_\alpha)$ , де  $Pr_\alpha$  – множина квазіарних предикатів вигляду  $\bigvee A_\alpha \rightarrow \{T, F\}$  (*предикати стану*  $\alpha$ ). Предикати вигляду  $\bigvee A \rightarrow \{T, F\}$ , де  $A = \bigcup_{\alpha \in S} A_\alpha$ , – *глобальні*.

Предикат  $P$  *еквітонний* (*монотонний*), якщо:  $P(d) \downarrow$  та  $d \subseteq d' \Rightarrow P(d') \downarrow = P(d)$ .

Для чистих першопорядкових КНМС множина композицій визначається базовими загальнологічними композиціями  $\neg, \vee, R_x^{\bar{\vee}}, \exists x$  та базовими модальними композиціями.

*Транзиційні модальні системи* (ТМС) – це КНМС, у яких множина  $R$  складається з відношень вигляду  $R \subseteq S \times S$ . Тракуємо їх як відношення переходу (досяжності) на станах.

ТМС із множиною відношень  $R = \{\triangleright_i \mid i \in I\}$  та базовими модальними композиціями  $K_i$ ,  $i \in I$ , у яких кожному  $\triangleright_i \in R$  зіставлено відповідну  $K_i$ , назвемо *мультимодальними* (ММС).

Загальні ТМС є окремим випадком ММС, для них  $R$  складається з єдиного відношення та наявна єдина базова модальна композиція  $\square$  (необхідно).

ТМС, у яких  $R$  складається з єдиного бінарного відношення, а базовими модальними композиціями є  $\square \uparrow$  (завжди буде) та  $\square \downarrow$  (завжди було), називають *темпоральними* (ТмМС).

Опишемо мову чистих першопорядкових КНМС. Алфавіт: множина  $V$  предметних імен; множина  $Ps$  предикатних символів (сигнатура мови); символи базових композицій  $\neg, \vee, R_x^{\bar{\vee}}, \exists x$ ; множина  $Ms$  символів базових модальних композицій (модальна сигнатура).

Множина  $Fm$  формул мови визначається індуктивно. Маємо  $Ps \subseteq Fm$ ; а далі:

$\Phi, \Psi \in Fm \Rightarrow \neg\Phi, \vee\Phi\Psi, R_x^{\bar{\vee}}\Phi, \exists x\Phi \in Fm$ ;  $\Phi \in Fm$  та  $\mathfrak{H} \in Ms \Rightarrow \mathfrak{H}\Phi \in Fm$ .

Відображення інтерпретації формул на станах  $Im : Fm \times S \rightarrow Pr$  задаємо на основі відображення  $Im : Ps \times S \rightarrow Pr$  (при цьому  $Im(p, \alpha) \in Pr_\alpha$  – базові предикати є предикатами станів):

$$Im(\neg, \alpha) = \neg(Im(\Phi, \alpha)); Im(\vee\Phi\Psi, \alpha) = \vee(Im(\Phi, \alpha), Im(\Psi, \alpha)); Im(R_{\bar{x}}^{\vee}\Phi, \alpha) = R_{\bar{x}}^{\vee}(Im(\Phi, \alpha));$$

$$Im(\exists x\Phi, \alpha)(d) = \begin{cases} T, & \text{якщо } Im(\Phi, \alpha)(d\nabla x \mapsto a) = T \text{ для деякого } a \in A_\alpha, \\ F, & \text{якщо } Im(\Phi, \alpha)(d\nabla x \mapsto a) = F \text{ для всіх } a \in A_\alpha, \\ \text{невизначене} & \text{в усіх інших випадках.} \end{cases}$$

Визначення  $Im$  для формул вигляду  $\mathfrak{K}\Phi$  конкретизуємо залежно від різновидності ТМС. Наприклад, у випадку ММС для формул вигляду  $K_i\Phi$ , де  $K_i \in Ms$ , для кожних  $\alpha \in S$  та  $d \in {}^VA$

$$\text{задаємо } Im(K_i\Phi, \alpha)(d) = \begin{cases} T, & \text{якщо } Im(\Phi, \delta)(d) = T \text{ для всіх } \delta \in S \text{ таких, що } \alpha \triangleright_i \delta, \\ F, & \text{якщо існує } \delta \in S \text{ такий, що } \alpha \triangleright_i \delta \text{ та } Im(\Phi, \delta)(d) = F, \\ \text{невизначене} & \text{в усіх інших випадках.} \end{cases}$$

Якщо для  $\alpha \in S$  не існує такого  $\beta$ , що  $\alpha \triangleright_i \beta$ , то  $Im(K_i\Phi, \alpha)(d) \uparrow$  для кожного  $d \in {}^VA$ .

Предикат  $Im(\Phi, \alpha)$ , який є значенням формули  $\Phi$  у стані  $\alpha$ , позначаємо  $\Phi_\alpha$ .

Формула  $\Phi$  істинна в стані  $\alpha$  (позначаємо  $\alpha \models \Phi$ ), якщо  $\Phi_\alpha$  – істинний предикат.

Формула  $\Phi$  істинна в КНМС  $M$  (позн.  $M \models \Phi$ ), якщо для кожного  $\alpha \in S$  предикат  $\Phi_\alpha$  є істинним. Формула  $\Phi$  (всюди) істинна, якщо  $M \models \Phi$  для всіх КНМС  $M$  одного типу.

Залежно від умов, накладених на відношення переходу, можна визначати різні класи ТМС. Традиційно ці відношення розглядають як рефлексивні, симетричні чи транзитивні.

Для ММС розглянемо випадки, коли всі відношення переходу однотипні (рефлексивні, симетричні чи транзитивні). Якщо вони рефлексивні, то в назві ММС пишемо  $R$ ; якщо транзитивні, то пишемо  $T$ ; якщо симетричні, то пишемо  $S$ . Отримуємо такі чисті типи ММС:

$R$ -ММС,  $T$ -ММС,  $S$ -ММС,  $RT$ -ММС,  $RS$ -ММС,  $TS$ -ММС,  $RTS$ -ММС.

ММС із скінченними множинами однотипних відношень переходу назвемо *епістемічними*, або ММС епістемічного типу. Загальні ТМС – це окремий випадок епістемічних ММС.

Розглядаючи для ТмМС випадки, коли відношення переходу може бути рефлексивним, симетричним чи транзитивним, отримуємо такі їх класи:

$R$ -ТмМС,  $T$ -ТмМС,  $S$ -ТмМС,  $RT$ -ТмМС,  $RS$ -ТмМС,  $TS$ -ТмМС,  $RTS$ -ТмМС.

Розглянемо взаємодію в ТМС модальних композицій із реномінаціями та кванторами.

**Теорема.**  $R_{\bar{x}}^{\vee}\mathfrak{K}\Phi_\alpha(d) = \mathfrak{K}R_{\bar{x}}^{\vee}\Phi_\alpha(d)$  для довільних  $\mathfrak{K} \in Ms, \alpha \in S, d \in {}^VA$ .

**Наслідок.** Формули  $R_{\bar{x}}^{\vee}\mathfrak{K}\Phi \leftrightarrow \mathfrak{K}R_{\bar{x}}^{\vee}\Phi$ , де  $\mathfrak{K} \in Ms$ , всюди істинні.

Для ТМЛ еквітонних предикатів формули  $\mathfrak{K}\forall x\Phi \rightarrow \forall x\mathfrak{K}\Phi$  та  $\exists x\mathfrak{K}\Phi \rightarrow \mathfrak{K}\exists x\Phi$  всюди істинні, проте для ТМЛ немонотонних (нееквітонних) предикатів ці формули не є істинними. Відповідні ТМС, в яких ці формули спростовуються, наведено в доповіді. Зокрема, формула  $\Box\forall x\Phi \rightarrow \forall x\Box\Phi$  (конверсія формули Баркан) істинна [2] в кожній загальній ТМС еквітонних предикатів, але не істинна в деяких ТМС нееквітонних предикатів. При цьому формули  $\forall x\mathfrak{K}\Phi \rightarrow \mathfrak{K}\forall x\Phi$  та  $\mathfrak{K}\exists x\Phi \rightarrow \exists x\mathfrak{K}\Phi$  не істинні вже в деяких ТМС еквітонних предикатів.

Дається визначення неокласичного  $\models_{Cl}$ , істиннісного  $\models_T$ , хибнісного  $\models_F$  та сильного  $\models_{TF}$  логічного наслідку для множин специфікованих станами формул. Описано властивості таких відношень. На основі цих властивостей в наступних роботах планується побудова для ТМЛ немонотонних предикатів числень секвенційного типу.

## Література

1. Нікітченко М.С., Шкільняк С.С. Прикладна логіка. – К., 2008. – 278 с.
2. Шкільняк О.С. Семантичні властивості композиційно-номінативних модальних логік // Пробл. програмування. – 2009. – № 4. – С. 11–23.
3. Шкільняк О.С. Семантичні моделі та секвенційні числення транзиційних модальних логік // Комп'ютерна математика. – 2013. – Вып. 1. – С. 141–150.

## **ПРОЦЕДУРА ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ КОМПЕТЕНТНОСТІ ВИПУСКНИКА ВУЗУ**

У зв'язку з формуванням спільного європейського освітнього простору постає задача оцінки результатів освіти на основі компетентнісного підходу. Введення компетентнісного підходу до оцінки результатів освіти повинно привести до формування нової системи оціночних засобів з переходом від оцінки знань до оцінки компетенцій. Результати освіти і формування компетенцій, таким чином, являються ключовим моментом реформування освіти.

Компетентнісна модель випускника складається з великої кількості компетенцій, що характеризують випускника з різних боків. Тому, інтегрована оцінка компетентності повинна будуватись на системі індивідуальних оцінок і включати різні фактори, а саму компетентнісну модель випускника варто розглядати у вигляді багаторівневої ієрархічної структури, де на верхньому рівні знаходиться інтегральна оцінка компетентності, а на нижніх – дисципліни та компетенції, які її формують. На формування кожної компетенції, зокрема, та на компетентність випускника взагалі впливають різні навчальні дисципліни. Випускник вузу повинен володіти цілим рядом компетенцій, і це відбувається в процесі засвоєння тієї чи іншої дисципліни, причому, вони по-різному впливають на формування окремої компетенції та компетентності випускника взагалі. В зв'язку з цим, виникає проблема розробки процедури оцінки якості компетенцій, набутих випускником. Для досягнення цієї мети, потрібно розв'язати ряд взаємозв'язаних задач: встановити взаємозв'язок між компетенціями та дисциплінами, що їх формують; визначити ступінь впливу кожного предмету на формування кожної компетенції і на підставі отриманих результатів розробити процедури, які дозволять оцінити якість набутих компетенцій та рівень компетентності випускника вузу.

Пропонується процедура визначення рівня компетентності випускника на підставі оцінок, одержаних при підготовці фахівця у вузі. Для цього проводиться його оцінка за циклами навчання, оскільки дисципліни, що включаються в той або інший цикл, впливають на формування компетенцій. Під оцінками компетенцій будемо розуміти оцінку досягнення цілей освіти студентом, використовуючи 100-бальну шкалу за критеріями ЄКТС.

Для визначення рівня компетентності використаємо теорію нечітких множин та процедуру нечіткого логічного виводу, оскільки кожна оцінка за 100-бальною шкалою, знаходячись в певному діапазоні, носить нечіткий, розмитий характер. Процедура нечіткого логічного виводу містить наступні етапи: фазифікація, блок правил, блок рішень або агрегування, дефазифікація. Фазифікацію чітких вхідних величин (оцінок) можна здійснити різними способами, зокрема, як було показано в [1].

Процедура визначення компетентності випускника вузу складається з декількох етапів. На першому етапі, використовуючи оцінки з кожної дисципліни та вагові коефіцієнти дисциплін у циклі, визначимо нечіткі величини, що відповідають одному з введених рівнів компетентності випускника по кожному циклу навчання, що передбачені навчальним планом [1]. На другому етапі, використовуючи нечіткі величини, що відповідають одному із вказаних рівнів компетентності по кожному циклу та вагові коефіцієнти циклів, знаходимо нечіткі величини, що відповідають певному рівню компетентності випускника в цілому. На третьому етапі проводиться лінгвістичне розпізнання значення рівня компетентності випускника вузу і при необхідності здійснюється дефазифікація. Дефазифікацію нечіткого вихідного значення можна здійснити різними методами (центроїдним, висотної дефазифікації та інші). В залежності від вибраного методу, будемо мати різні чіткі значення шуканої величини.

### **Література**

1. Маляр М.М., Штимак А.Ю. Схема обробки інформації для визначення професійної компетентності випускника ВНЗ // Управління розвитком складних систем. – К.:КНУБА, 2014. – Вип. 18. – С. 153-158.

## РОЗРОБЛЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПАРАЛЕЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ ВИКОНАННЯ ЦИФРОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ ДАНИХ НА КЛАСТЕРНИХ СИСТЕМАХ

Кластерні обчислювальні системи є дешевим варіантом систем масового паралелізму (MPP (Massively Parallel Processing)-систем) і зараз широко використовуються для проведення досліджень у різних галузях науки не лише за кордоном [1], але й в Україні [2]. Зокрема, кластери стали широкодоступним засобом для ефективного виконання паралельних обчислень під час розв'язування багатьох алгоритмічно складних задач астрофізики, геофізики, механіки, кліматології, метеорології, соціології [3] тощо.

Нами розглядаються задачі цифрової фільтрації (ЗЦФ) різної вимірності. Загалом задача фільтрації полягає у виконанні деякої кількості переобчислень згладжування масиву значень змінних через рухоме вікно заданого розміру. У більшості випадків ЗЦФ потрібно розв'язувати в режимі реального часу. З цією метою було запропоновано низку високопаралельних алгоритмів [4, 5], орієнтованих на реалізацію на спеціалізованих обчислювальних системах (систолічних та квазісистолічних [6] структурах, пристроях на базі однорідних обчислювальних середовищ та клітинних автоматів [7] з використанням оптоелектронних елементів тощо), які попри високу швидкість та малі розміри не є доступними для широкого кола користувачів.

На підставі викладеного можна стверджувати, що зараз досить актуальною є проблема розроблення, аналізу та реалізації паралельних алгоритмів розв'язання ЗЦФ на кластерних системах із наперед визначеною кількістю доступних процесорних елементів (обчислювальних ядер). Зауважимо, що для забезпечення ефективної реалізації таких алгоритмів, на етапі їх побудови необхідно якнайповніше враховувати архітектурні особливості (кількість вузлів, кількість та якість процесорів (ядер), обсяг оперативної пам'яті вузла, продуктивність комунікаційної мережі, що з'єднує вузли, обсяг дискової пам'яті вузла, загальний обсяг дискової пам'яті тощо) наявної обчислювальної системи паралельної дії.

Для розв'язання варіантів одно- та двовимірної ЗЦФ нами запропоновані паралельні алгоритми на підставі таких трьох методів обчислень [8]:

- синхронного,
- асинхронного,
- з використанням еквівалентних перетворень.

Зазначимо, що у даному разі під еквівалентними перетвореннями ми розуміємо застосування законів асоціативності та комутативності для операцій.

Далі коротко зупинемось на згаданих методах обчислень. Синхронний метод для переобчислення масиву значень змінних на  $k$ -му кроці передбачає використання значень, обчислених виключно на  $(k-1)$ -му кроці. Асинхронний метод обчислень дозволяє використовувати для переобчислень згладжування на кожному кроці поточні значення змінних, тобто у цьому випадку відсутня будь-яка синхронізація. Метод з використанням еквівалентних перетворень для переобчислення значення довільної змінної на заданому кроці передбачає використання деякої кількості значень, які є уже переобчисленими на цьому ж кроці. Раніше унаслідок числових експериментів нами було показано, що даний метод порівняно з попередніми дозволяє швидше досягти заданого рівня згладжування.

Необхідно зазначити, що в запропонованих алгоритмах фільтрації використовуваний паралелізм є обмеженим, оскільки в них кількість паралельно виконуваних гілок ( $P$ ) є меншою за кількість змінних ( $N$ ), значення яких переобчислюються, тобто справджується нерівність  $P < N$ . При цьому з метою спрощення структури алгоритмів вважається, що  $N$  є кратним до  $P$ . Унаслідок проведених теоретичних досліджень нами одержано оцінки для прискорення обчислень, які підтверджують високу ефективність розроблених паралельних алгоритмів,

зорієнтованих загалом на реалізацію на сучасних системах зі спільною та розподіленою пам'яттю.

Використовуючи сервіси паралельного програмування OpenMP (Open Multi-Processing) та MPI (Message Passing Interface) та мову C++, здійснено програмну реалізацію розроблених алгоритмів фільтрації з обмеженим паралелізмом [4] на обчислювальному кластері Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України [9], який складається з чотирьох вузлів (сумарна кількість ядер в них дорівнює 30), об'єднаних комунікаційною мережею, що використовує технологію Ethernet, з пропускною здатністю 1 Gbit/s. Необхідно зазначити, що кожен із обчислювальних вузлів цього кластера можна розглядати як обчислювальну систему із спільною пам'яттю, тобто SMP (Symmetric Multi-Processing)-систему [3].

Нами була проведена ціла низка обчислювальних експериментів, які підтвердили доцільність та достатню ефективність реалізації на кластері запропонованих паралельних алгоритмів фільтрації із слабозв'язаними (або зовсім не зв'язаними, тобто автономними) паралельними гілками. Зараз вивчаються та аналізуються особливості організації і виконання паралельних обчислень на одному вузлі та декількох вузлах з різною кількістю обчислювальних ядер.

*Ці теоретичні дослідження та реалізація алгоритмів на кластері були здійснені за часткової підтримки Державної цільової науково-технічної програми впровадження і застосування грид-технологій на 2009–2013 роки (два проекти були успішно завершені у 2011 р. та 2013 р.).*

## Література

1. Рейтинговий список найпотужніших обчислювальних систем світу. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.top500.org](http://www.top500.org).
2. Український національний грид. Базовий координаційний центр. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.ung.in.ua](http://www.ung.in.ua).
3. Інформаційно-аналитический центр по параллельным вычислениям. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.parallel.ru](http://www.parallel.ru).
4. Анисимов А. В., Яджак М. С. Построение оптимальных алгоритмов массовых вычислений в задачах цифровой фильтрации // Кибернетика и системный анализ. – 2008. – № 4. – С. 3–14.
5. Яджак М. С., Тютюнник М. И. Оптимальный алгоритм решения задачи цифровой фильтрации с использованием адаптивного сглаживания // Кибернетика и системный анализ. – 2013. – № 3. – С. 142–151.
6. Яджак М. С., Тютюнник М. И., Бекас Б. О. Апаратні засоби реалізації паралельно-конверсних алгоритмів цифрової фільтрації з використанням адаптивного згладжування // Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Збірник науково-технічних праць. – 2014. – Вип. 24.06. – С. 335–344.
7. Вальковский В. А., Яджак М. С. Специализированные средства реализации оптимальных алгоритмов массовых вычислений // Доклады междунар. научной конф. «Суперкомпьютерные системы и их применение» SSA'2004, Минск, 26–28 октября 2004 г. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2004. – С. 12–17.
8. Valkovskii V. A. An optimal algorithm for solving the problem of digital filtering // Pattern Recognition and Image Analysis. – 1994. – 4, № 3. – P. 241–247.
9. Обчислювальний кластер Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://cl.iapmm.lviv.ua>.

## ПРОБЛЕМА АНАЛІЗУ ЧУТЛИВОСТІ ЛІНІЙНИХ МОДЕЛЕЙ І СУЧАСНІ МАТЕМАТИЧНІ ПАКЕТИ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Побудова моделі процесу як правило є ітераційним процесом багаторазового уточнення та змін, тому під час вирішення задачі оптимізації, наряду із знаходженням оптимальних розв'язків ставиться і питання аналізу впливу змін параметрів задачі на кількісні та якісні характеристики рішення [1-7].

Найважливішими є діапазони зміни параметрів задачі, в яких оптимальне рішення залишається оптимальним.

У такому разі досліджуються три класи параметрів: коефіцієнти цільової функції  $c_j$ , коефіцієнти вектора обмежень  $b_i$  і коефіцієнти матриці  $a_{ij}$  [2, с.75].

Для дослідження розв'язання моделей лінійних систем зазвичай застосовуються математичні прикладні комплекси [2-5]. Вони розроблені для ефективного знаходження оптимального рішення, а пост-оптимізаційний аналіз дозволяє проаналізувати, яким чином може вплинути зміна структурних елементів лінійної системи на оптимальне рішення.

Такий аналіз включає в себе дослідження впливу на саме рішення та його характеристики наступних факторів:

- зміни коефіцієнтів у цільовій функції;
- зміни у правих частинах обмежень;
- включення/виключення стовпців та рядків у матриці (обмежень);
- характеристики стійкості системи.

Було проведено порівняльний аналіз найбільш поширених пакетів прикладного математичного моделювання, а саме: CPLEX Optimization, Lp\_solve та MatLab (optimization toolbox) задля виявлення функцій, що відповідають за аналіз чутливості.

Пакеті Lp\_solve має широкий функціонал аналізу чутливості, але чисельність змінних обмежена кількістю 30 000, що унеможливило його використання для вирішення задач великої розмірності [3]. У пакеті MatLab існує сталий набір аналізаторів лівої частини, але відсутня можливість аналізу чутливості правої частини [4]. Пакет програмного математичного забезпечення CPLEX Optimization toolbox дозволяє провести аналіз чутливості і самої цільової функції (getObjSA) і обмежень (getBoundSA) і навіть правих частин (getRHSSA) [5].

Направлені зміни у задачі повинні наближати до адекватності, а у сучасних ППП не в повній мірі представлений покомпонентний аналіз лінійної системи при збуренні рядків, стовпців, правих частин обмежень, вектора цільової функції, у той час як у наявності лише поелементний аналіз задачі. У наявних інструментаріях відсутні процедури проведення комплексного пост оптимізаційного аналізу.

Оптимізаційна задача завжди зав'язана на математичному моделюванні. Малі кількісні зміни можуть призводити до великих якісних. Малі збурення (зміни) можуть впливати на єдиність моделі, статус її обмежень, структурні властивості розв'язків тощо.

На сьогодні є актуальною науковою проблемою створення універсальних методів та алгоритмів аналізу лінійних моделей, які б могли з єдиних позицій охопити дослідження широкого класу практичних задач.

Метод базисних матриць дає можливість враховувати специфіку моделі за вибором варіанта застосувань методу чи алгоритму [6]. Схеми методу може бути застосована для уточнення меж змінних та оптимального розв'язку, локалізація області оптимума, знаходження наближеного розв'язку, побудови агрегуючих множин, "виділення" фундаментальної системи обмежень тощо [7].

Включення перелічених вище процедур в інструментальний арсенал математичних комплексів створить можливість для більш повного та детального аналізу лінійних

оптимізаційних моделей. На сьогодні відсутня єдина методологія та підхід проведення аналізу властивостей систем [6]. Недостатня розробленість процедур аналізу існування, єдиності, неєдиності, необмеженості множини розв'язків оптимізаційної задачі залишають поле для подальших досліджень. У той же час на терені розв'язування задач аналізу та оптимізації класу лінійних моделей ще залишається велика кількість невирішених питань, що свідчить про необхідність подальших наукових пошуків та розробки нових методів.

Автор вдячна науковому керівнику д.т.н. Кудіну В.І. за постановку задачі та консультації під час підготовки доповіді.

### Література

1. Карманов В. Г. Математическое программирование / В. Г. Карманов. – 5-е изд., стереотип. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 264 с.
2. Муртаф Б. Современное линейное программирование / Б. Муртаф : пер. с английского. – М. : Мир, 1984. – 224 с.
3. Lp\_solve reference guide menu [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : [http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/get\\_sensitivity\\_obj.htm](http://lpsolve.sourceforge.net/5.5/get_sensitivity_obj.htm). – Title from the main screen.
4. MOSEK optimization toolbox for MATLAB manual [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : [http://docs.mosek.com/7.0/toolbox/Sensitivity\\_analysis.html](http://docs.mosek.com/7.0/toolbox/Sensitivity_analysis.html). – Title from the screen.
5. IBM ILOG CPLEX Optimization Studio V12.2 documentation [Electronic Resource]. – Mode of access : URL : [http://pic.dhe.ibm.com/infocenter/cosinfoc/v12r2/index.jsp?topic=%2Filog.odms.ide.help%2Fhtml%2Frefdotnetopl%2Fhtml%2FM\\_ILOG\\_CPLEX\\_Cplex\\_GetObjSA.htm](http://pic.dhe.ibm.com/infocenter/cosinfoc/v12r2/index.jsp?topic=%2Filog.odms.ide.help%2Fhtml%2Frefdotnetopl%2Fhtml%2FM_ILOG_CPLEX_Cplex_GetObjSA.htm). – Title from the main screen.
6. Кудін В. І. Аналіз та оптимізація лінійних систем методом допустимих базисних матриць / Володимир Іванович Кудін: Електронне видання, – 2014. – 45с.
7. Волошин О. Ф. Послідовний аналіз варіантів: Технології та застосування : Монографія / О. Ф. Волошин, Г. М. Гнатієнко, В. І. Кудін ; під заг. ред. О. Ф. Волошина ; Київ : Стилос, 2013. – 304 с.



**Ярема В. І., Повідайчик М. М.**  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

### **МОДЕЛЬ ОЦІНКИ ІМІДЖУ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

На сьогодні успішність будь-якого підприємства залежить від його здатності протягом тривалого часу одержувати прибутки в результаті реалізації створюваного ринкового товару матеріальної або нематеріальної форми. Суттєвий вплив на потенціал успішності підприємства здійснює його імідж. Під іміджем підприємства розуміється стійке уявлення клієнтів, партнерів та спільноти про престиж підприємства, якість його товарів та послуг, репутацію керівництва [1].

Для підвищення рівня ефективної діяльності рекреаційно-туристичного підприємства, вченими пропонується процесна модель ефективного управління іміджем підприємства сфери туризму, що дозволяє контролювати процес організації і управління іміджем на кожному етапі; визначати вузькі місця, можливі проблеми та їх причини, оперативно передбачати та усувати їх; аналізувати ефективність системи та оптимізувати її, перебудовувати окремі процеси і взаємозв'язки між ними; планувати та здійснювати діяльність щодо підвищення ефективності управління іміджем підприємства сфери туризму.

Не менш складною проблемою в процесі управління іміджем підприємства є оцінювання його іміджу. Її вирішення передбачає застосування економіко-математичних моделей, що враховують особливості рекреаційно-туристичного ринку, ринкові елементи в рекреаційно-туристичній діяльності та інші соціальні чинники для збалансованого розвитку високоефективного і конкурентоспроможного туристичного підприємства в умовах нестабільного зовнішнього середовища.

Розглянемо імітаційну економіко-математичну модель оцінки рівня ефективності управління іміджем підприємства сфери туризму:

$$I = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \bar{r}_i,$$

де  $I$  – рівень ефективності управління іміджем туристичного підприємства, що визначається на основі  $n$  критеріїв (архітектура та внутрішній дизайн, якість послуг, компетентність персоналу, фінансова стійкість і автономія та ін.);

$\alpha_i$  – вага  $i$ -го критерію,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ ;

$\bar{r}_i$  – середнє значення оцінки підприємства респондентами за  $i$ -м критерієм по  $p$ -бальній шкалі.

Імітаційна економіко-математична модель:

- по-перше, дозволяє визначити критерії, оцінювання за якими занижує інтегральну оцінку;
- по-друге, на основі моделі можна отримати «бажані» значення-оцінки, які забезпечать «високий» рівень ефективності управління іміджем.

Таким чином, оцінка рівня ефективності управління іміджем туристичної фірми на основі представленої економіко-математичної моделі дозволить керівництву взяти до уваги специфіку функціонування фірми в конкретному ринковому середовищі на туристичному ринку та прийняти, відповідно, найбільш оптимальні управлінські рішення відносно підвищення ефективності управління іміджем даного підприємства.

### **Література**

1. Хатикова З.В. Процессная модель управления имиджбилдингом на предприятиях гостиничного типа туристического центра / З.В. Хатикова // Наукові і практичні проблеми створення і функціонування туристичних центрів і тематичних парків: матер. V міжнарод. наук.-практ. конф., 27-28 трав. 2005 р. – Донецьк, 2005. – С. 115 – 117.

**Волошин О.Ф.**

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
[olvoloshyn@ukr.net](mailto:olvoloshyn@ukr.net)

## **НОВИЙ ЗАКОН ПРО ВИЩУ ОСВІТУ – ЦЕ ШАНС**

11-13 вересня 2014р. в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка під егідою Міжнародної наукової асоціації ІТНЕА («Information Theories and Applications», [www.ithea.org](http://www.ithea.org), e-mail: [info@foibg.com](mailto:info@foibg.com)) відбулася Міжнародна конференція MeL («Modern e-Learning»). Було заслухано понад 30 доповідей, буде видано збірник тез конференції, кращі доповіді було рекомендовано до опублікування в Міжнародних журналах, що видаються Міжнародною науковою асоціацією ІТНЕА («Information Theories and Applications» - ISSN 1310-0513), «Information Technologies and Knowledge» - ISSN 1313-0455, «Information Models and Analyses» - ISSN 1314-6416). Автор цих тез (співголова програмного комітету, голова організаційного комітету MeL-2014) виступив на конференції з доповіддю «Стан та перспективи вищої освіти в Україні», на основі якої та з врахуванням її обговорення планує ознайомити учасників школи-семінару «Теорія прийняття рішень» з деякими міркуваннями щодо перспектив розвитку вищої освіти в Україні.

1 липня 2014р. Верховна Рада України прийняла Закон про вищу освіту, який було підписано Президентом 31.07.14р. і опубліковано 6.08.14р. Не аналізуючи зміст закону в цілому, звернемо увагу на деякі нововведення, що відповідають принципам автономії та самоврядування діяльності університету як «національного і дослідницького» (у порівнянні із звичайними вишами він має додаткові права) і/або мають для автора важливе значення. Отже, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка має право:

1) «здійснювати підготовку фахівців з вищою освітою за власними експериментальними освітніми програмами та навчальними планами» (Стаття 29, частина 3, пункт 4 – далі Ст.29.3.4; ця норма починає діяти з 1.09.15р., у програмах передбачається зменшення обсягу одного кредиту ЄКТС (Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи) до 30 год.); «самостійно розробляти та запроваджувати власні програми освітньої, наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності»(Ст.32.2.9); «самостійно запроваджувати спеціалізації, визначати їх зміст і програми навчальних дисциплін» (Ст.32.2.10);

2) «самостійно визначати форми навчання («лекція; лабораторне, практичне, семінарське, індивідуальне заняття», Ст.50.2) та форми організації освітнього процесу («навчальні заняття, самостійна робота, практична підготовка, контрольні заходи», Ст.50.1) (Ст.32.1.2), причому згідно Ст.50.3, виші «мають право встановлювати інші форми освітнього процесу та види навчальних занять»;

3) «встановлювати нормативи чисельності осіб, які навчаються, на одну посаду науково-педагогічного та наукового працівника» (Ст.30.5.7);

4) приймати «остаточне рішення щодо присвоєння вчених звань» (Ст.30.5.7); «остаточне рішення щодо присудження наукових ступенів акредитованими спеціалізованими вченими радами» (Ст.32.2.12);

5) «Норми часу методичної, наукової, організаційної роботи визначаються вищим навчальним закладом. Максимальне навчальне навантаження на одну ставку науково-педагогічного працівника не може перевищувати 600 годин на навчальний рік» (Ст.56.2; це положення починає діяти з 1.09.15р., причому «зменшення максимального навчального навантаження на одну ставку науково-педагогічного працівника до 600 годин на навчальний рік не є підставою для збільшення чисельності штатних одиниць»);

6) «З метою створення умов для міжнародної академічної мобільності вищий навчальний заклад має право прийняти рішення про викладання однієї чи кількох дисциплін англійською та/або іншими іноземними мовами, забезпечивши при цьому знання здобувачами вищої освіти відповідної дисципліни державною мовою» (Ст.48.2);

7) Студенти мають право на «Вибір навчальних дисциплін у межах, передбачених відповідною освітньою програмою та робочим навчальним планом, в обсязі, що становить не менш як 25 відсотків загальної кількості кредитів ЄКТС, передбачених для даного рівня вищої освіти. При цьому здобувачі певного рівня вищої освіти мають право вибирати навчальні дисципліни, що пропонуються для інших рівнів вищої освіти підрозділу, за погодженням з керівником відповідного факультету чи підрозділу»(Ст.62.15).

У вересні 2010р. конференція MeL вперше відбулася в КНУ ім.Т.Шевченка, було представлено 27 доповідей, на основі тез доповідей було підготовлено і опубліковано 12 статей у Міжнародній книжній серії «Information Models of Knowledge», editors: K.Markov, V.Velychko, O.Voloshin, ITHEA, Kiev-Sofia, 2010. - 470р. В доповіді на MeL-2014 автора цих тез був зроблений короткий ретроспективний аналіз з використанням трьох доповідей MeL-2010 – першого проректора університету ім. Т.Шевченка [3], проректора з науково-педагогічної роботи [3] та автора цих тез [4]. На основі цього аналізу автором було зроблено висновок, що «За попередні чотири роки ніяких прогресивних зрушень у вищій освіті в Україні не відбулося, час, фактично, втрачено».

В [4] на основі досвіду роботи автора на факультеті кібернетики КНУ пропонувався ряд практичних заходів, спрямованих на покращення підготовки спеціалістів (в тому числі, через аспірантуру), зокрема, відмічається, що (далі цитування мовою оригінала) „Введение контрактной формы обучения привело лишь к снижению образовательного уровня выпускников (контрактников практически невозможно отчислить за неуспеваемость). Но и обучающихся по государственному заказу тоже отчислить (за неуспеваемость, прогулы) непросто – государственный заказ необходимо выполнять». Ситуація за останні 4 роки не лише не покращилась, але і суттєво погіршилась – регулярне невідвідування студентами занять починається вже на 2-му курсі. На думку автора, новий закон дозволяє реалізувати пропозицію автора щодо збільшення мотивації шляхом введення конкуренції на 1-2 курсах: «На 1-ый курс зачисляется на 15-20 % больше планового числа абитуриентов («стажеров») без предоставления стипендии и общежития, после 1-2-го курса «лишние» отчисляются». Згідно з новим законом, до осіб, які навчаються у вишах, належать слухачі - особи, «які навчаються на підготовчому відділенні вищого навчального закладу, або особи, які отримують додаткові чи окремі освітні послуги» (Ст.61.3.1). Таким чином, вказані вище «стажери» можуть підпадати під визначення «слухача». Оскільки невідвідування занять на старших курсах набувають масового характеру (у зв'язку з постійною роботою студентів; відмітимо, що згідно Закону про вищу освіту. особи, що навчаються у вишах, «мають право на трудову діяльність у позанавчальний час», Ст.62.1.3), необхідно встановити чіткі правила щодо трудової дисципліни студентів – наприклад, невідвідування 15-20% занять «автоматично» приводить до повторного прослуховування курсу (такі правила діють, наприклад, у вишах Великобританії, де, до речі, вся освіта платна). Те ж саме стосується аспірантів, які масово працюють (в США, наприклад, аспірант має право працювати лише у канікулярний період) і також масово (на факультеті кібернетики, в усякому разі) відраховуються за «втрату зв'язку з кафедрою». Щодо проблем аспірантури див. [4]. В новому законі явно змінено одну норму – навчання продовжено до 4 років, обсяг освітньої складової освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії встановлено у 30-60 кредитів (Ст 5.6). Це не зовсім те, що пропонувалося у [4] – після 3 років перебування в аспірантурі доцільно розглянути питання (на рівні вченої ради факультету) на продовження строку на 1-2 роки для підготовки дисертаційної роботи. Не одну з пропозицій щодо стимулювання роботи наукових керівників, запропонованих в [4], за 4 роки не реалізовано. Щодо «платної» аспірантури, автор тез вважав і вважає, що це абсурд. Не реалізовано (на рівні державних органів, але керівництво вишів зобов'язане лобювати це питання) пропозицію щодо системи платного навчання [4]: «Требует пересмотра и система платного обучения. Заслуживает внимания система государственного кредитования – выпускник обязан выплатить кредит за 5-10 лет после окончания вуза, при отличной успеваемости кредит частично (или даже полностью) погашается».

В [3,4] вказувалось на одне з основних джерел залучення коштів до вишів в світі – іноземні студенти. Робота керівництва університету тут була і є явно недостатньою – в

останній час введено лише елемент „батога” (знання мови враховується при заключенні контракту, причому іспит на знання мови приймається „своїми” викладачами, потрібне ж незалежне зовнішнє тестування). Щодо цього пункту в Законі про вищу освіту (див. пункт 6 у вступі), де вказується, що виш „має право...”, не зрозуміла автором тез норма, що необхідно „забезпечити при цьому знання здобувачами вищої освіти відповідної дисципліни державною мовою (Ст.48.2)».

Щодо «єдності науки і освіти» [3] - за 4 роки із зрозумілих причин нічого не зроблено. Цитата з [4]: „Новые знания в практику образования поступают очень медленно. Более того, отсутствуют какие – либо стимулы овладения ими! Автор доклада был поражен безразличием абсолютного большинства коллег к проблемам современного образования. Оказывается все просто – пришел в аудиторию, что-то рассказал, принял экзамен, поставил оценку (самому себе)». Як відомо, в останні роки в світовій організації навчального процесу елітних вузів переважають принципи «індивідуалізації» навчання – навчальний матеріал обговорюється викладачем з невеликою групою студентів (3-5 осіб). При цьому застосовується принципи «pre-» чи «post-» (лектор по «базовому» підручнику акцентує основні моменти теми, потім студент самостійно ґрунтовно вивчає матеріал, чи - студент повинен попередньо ознайомитись з темою), ніяких доведень теорем на дошці, ніяких «педагогічних» вказівок типу «перепишіть з екрану».

Аналіз ретроспектив у [1] вийшов не дуже веселим, тому приведу позитив – з наступного семестру всі іспити в КНУ будуть прийматись комісією з трьох осіб (див. останню цитату з [4], наведену вище), сподіваємось, що це буде сприяти „об’єктивізації” оцінювання знань студентів.

Ще коротше про інші проблеми. Щодо взаємодії „класичної” і „е-освіти” у світогляді автора нічого не змінилось [4] - „Информационные технологии в образовании следует рассматривать как вспомогательные, как инструментарий интенсификации обучения...». Статтею 62.15 (див. пункт 7 вище) студентам надається право вибору, яке раніше існувало лише «на папері». Ст.57.1.9 викладачам надається право на творчу відпустку хоча б раз на 5 років, причому їхні «Посади ...можуть замінюватися іншими особами без проведення конкурсу на умовах строкового трудового договору» (Ст.59.6). На жаль, в останні роки (десятиліття) ця норма виконувалась також «на папері».

У якості висновку: у зв’язку з появою досить прогресивного Закону про вищу освіту з’являється шанс - користуючись нормами нового закону, спрямованими на значне розширення автономії та самоврядування вишів, виправити ситуацію. Для цього потрібні: компетентність, відповідальність, порядність, небайдужість, люстрація, відмова від «особенности национальных способов организации работы» [3]. Головне – не втратити шанс!

## Література

1. Волошин О. Стан та перспективи вищої освіти в Україні // Тези доповідей Міжнародної конференції «Modern e-Learning», Київ, 11-13 вересня 2014р.
2. Бугров В. Соціогуманітарне знання та проблемність формування освіченої людини // Тези MeL-2010.
3. Закусило О. Проблемы вхождения Украины в Европейское образовательное пространство // ”Information Models of Knowledge”, K.Markov, V.Velichko, O.Voloshin (ed), Kiev -Sofia, 2010. - P.297-303.
4. Волошин А. Современные проблемы образования // Там же. - P.290-296.

**ІНФОРМАЦІЯ, ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ**

Інформація, як і матерія та енергія, є фундаментальною, первинною категорією. Існує багато пояснень, визначень поняття інформації. На нашу думку природу інформації найпростіше зрозуміти, якщо її розглядати, як відображення. Введемо поняття інформаційного відображення.

**Інформаційне відображення (ІВ)** – це відображення  $f: X \rightarrow Y$  множини елементів  $X$  довільної природи на множину елементів  $Y$ , яку можна представити за допомогою об'єктів матеріального світу,

$X$  – область визначення ІВ, прообраз,

$Y$  – область значень ІВ, образ.

$X$  задає деяку предметну область, яка є підмножиною «навколишнього світу» (об'єктів, дій, станів,...).

Розглядається також і обернене інформаційне відображення (ОІВ)

$$f^{-1}: Y \rightarrow X.$$

Найпростішим ІВ є відображення, множини  $X$  та  $Y$ , якого мають по два елементи. Приклад. Множина ситуацій  $X$ : {"Безпечно, можна увійти!", "Небезпечно, не входить!"}, множина  $Y$  (кодів): {" В вікні – горщик з квітами ", " В вікні нема горщика з квітами " }.

На основі цього будується ІВ: а). " Безпечно, можна увійти! "  $\rightarrow$  " В вікні – горщик з квітами ", б). " Небезпечно, не входить! "  $\rightarrow$  " В вікні нема горщика з квітами ".

В рамках цього підходу інформацію розглядаємо, як результат реалізації, «обчислення» оберненого ІВ.

**Інформація** – це трійка  $\{f, x, y\}$ , де  $f$  – інформаційне відображення  $f: X \rightarrow Y$ , а елементи  $x \in X$ ,  $y \in Y$  такі, що  $y = f(x)$ .

Елемент  $y$  є матеріальним носієм інформації (кодом), і дає можливість отримати інформацію про стан предметної області.  $Y$  виконує замісну функцію для  $X$ . (Код "В вікні – горщик з квітами" заміщує ситуацію " Безпечно, можна увійти! ")

Перед отриманням інформації має бути побудоване відображення, як попередня «домовленість» між двома інтелектуальними особистостями: який код буде відповідати певному стану в предметної області. Це означає, що ніякий природний, матеріальний процес не може бути причиною виникнення інформації. *Інформація – це результат інтелектуального процесу.*

ІВ, як і будь-яке відображення, може бути однозначним і багатозначним. Можна розглядати також ін'єктивні, сюр'єктивні та бієктивні ІВ [1].

Два інформаційні відображення  $f_1$  і  $f_2$  вважаємо **еквівалентними**, якщо їх області визначення співпадають:  $f_1: X \rightarrow Y_1$  і  $f_2: X \rightarrow Y_2$ .

Тобто, система кодування  $Y$  інваріантна з точки зору семантики інформації  $X$ . Для опису інформації визначальною є саме семантика, яка описується множиною  $X$ , а коди грають допоміжну роль.

Основні типи ІВ:

$1 \rightarrow 1$  – взаємно однозначні (бієктивні) ІВ,

$1 \rightarrow M$  – багатозначні ІВ (синоніми),

$M \rightarrow 1$  – сюр'єктивні ІВ (омоніми).

Для ІВ типів  $1 \rightarrow 1$  і  $1 \rightarrow M$  обернене інформаційне відображення однозначне, а для  $M \rightarrow 1$  – неоднозначне, і контекстно залежне. Для розв'язання цієї неоднозначності необхідна додаткова інформація вищого рівня.

Узагальненням ІВ є **динамічне інформаційне відображення (ДІВ)**, яке розглядається, як послідовність інформаційних відображень  $f: X(k) \rightarrow Y(k)$ ,  $k = 0, 1, 2, \dots$ , задане в моменти часу  $k$ . І Алгоритм є ДІВ.

З ІВ пов'язані дві основні операції. *Кодування інформації (пряма задача)*, виконується джерелом інформації: згідно ІВ  $f$  для конкретного елементу  $x \in X$  формується елемент образу  $y \in Y$ .

*Відтворення інформації (обернена задача)* виконує одержувач: для конкретного елементу  $y \in Y$  на основі оберненого ІВ  $f^{-1}$  формується елемент образу  $x \in X$ .

#### **Етапи функціонування зв'язку «джерело $\rightarrow$ одержувач».**

1. *Джерело* на основі моделі «навколишнього світу»  $X$  визначає елемент  $x \in X$ .
2. *Джерело* розв'язує *пряму задачу* (кодує інформацію) і отримує елемент  $y \in Y$ .
3. *Джерело* по каналам зв'язку передає *одержувачу* значення коду  $y$ .
4. *Одержувач* розв'язує *обернену задачу* (по значенню  $y$  відтворює інформацію) і отримує значення прообразу  $x$  – об'єкт предметної області.

**Дезінформація** – випадкове або навмисне відхилення від інформаційного відображення.

Вона призводить до спотворення інформації, в результаті чого одержувач отримує неадекватний опис «навколишнього світу». Дезінформація не здатна створити нову, *креативну* інформацію.

#### **Причини дезінформації**

Нехай  $f: X \rightarrow Y$  інформаційне відображення, яке описує деяку предметну область.

Тоді *дезінформація* може виникнути, якщо

- джерело використовує неадекватну модель «навколишнього світу»,
- замість елементу  $x \in X$  джерело вибрало інший елемент  $x^* \in X$   $y = f(x^*)$ ,
- джерело помилково «обчислює» відображення  $f$   $y = f^*(x)$ ,
- одержувач замість елементу  $y \in Y$  вибирає інший елемент  $y^* \in Y$   $y^* = f(x)$ .

#### **Генетичне інформаційне відображення**

В основі генетичної інформації лежить ІВ: *амінокислоти* ( $X$ )  $\rightarrow$  *коди ДНК* ( $Y$ ). Послідовність амінокислот утворює білок, який кодується ДНК. Кожний функціональний білок побудований з 20 видів амінокислот. Тому для кодування білка потрібно мати 21 код ДНК (+ STOP для кінця білка). Для побудови генетичного ІВ використовується оптимальний варіант кодування: кількість букв у алфавіті  $N=4$ , довжина базового слова  $D=3$  (кодон, триплетний код). Тобто, існує всього 64 кодона 20 для кодування 20 амінокислот. Ця надлишковість використовується для збільшення поміхостійкості кодування і тому мутація третьої «букви» кодону не спотворює семантику генетичного тексту – обернене генетичне ІВ «обчислиться» вірно.

*Обернене генетичне ІВ* реалізується програмою, яка перекладає *чотирибуквенний ДНК-текст* у *двадцятибуквенний амінокислотний текст*. Тексти не можуть бути довільними – всі *білки* повинні бути *функціональними!* Частина функціональних білків серед всіх можливих дуже мала. Випадкова послідовність кодонів, як правило, описує не функціональний білок. Генетична інформація, як і будь-яка інша, не могла виникнути спонтанно, вона – результат дій інтелекту, «розумного задуму». Мутації ДНК, як дезінформація, не створюють нову, *креативну* інформацію.

Уявлення про те, що мутації та природній відбір створюють нові, все більш складні таксони організмів, як основна теза теорії еволюції, суперечить властивостям інформації.

#### **Література**

1. Коломогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 1972. 256 с.
2. Gitt W.: *Kezdetben volt az információ*, Evangéliumi Kiadó, 1998, 228 p.

**Доманецька І.М., Хроленко В.М.**  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Din\_29@ukr.net, 050 387 34 25

### **МОДЕЛІ І МЕТОДИ ТЕОРІЇ НЕСИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ В СППР КРЕДИТНОГО СКОРИНГУ**

В останні роки в Україні значно збільшився попит населення на різні банківські послуги. Одним з основних видів діяльності банку є кредитування, яке забезпечує в середньому 50% прибутковості всіх активів. Невід'ємною частиною цього процесу є аналіз кредитоспроможності позичальників. В даний час питання оцінки кредитоспроможності стоїть особливо гостро через дуже великий відсоток неповернення кредитів.

Аналіз інформаційних технологій, які мають комерційні банки України, свідчить про те, що переважна їх кількість спрямована на забезпечення технологічних банківських процесів, і лише деякі розробки містять елементи аналізу інформації, прийняття рішень, прогнозування розвитку фінансових процесів. Існуючі системи, які були створені для західного банківського ринку значно більш функціональні, ніж вітчизняні розробки, але адоптувати їх до роботи в законодавчому полі України практично неможливо. Таким чином, питання вдосконалення та впровадження нових банківських технологій є особливо актуальним для сучасної української банківської сфери.

На даний час для вирішення задач кредитного скорингу використовується багато різних підходів: байєсовський підхід, дискримінантний аналіз, множинна регресія, лінійне програмування, генетичні алгоритми, нейронні мережі, логіко-імовірнісний підхід та інші, кожен з яких має свої переваги і недоліки

Авторами пропонується використати моделі і методи теорії несилової взаємодії як математичний базис в СППР кредитного скорингу. Запропонована інтроформаційна модель[1] законів збереження імпульсу і енергії дає можливість отримати зі спостереження за взаємодією пар об'єктів результат взаємодії їх усіх разом. Доступна інформація про потенційного позичальника міститься в заповнених ним же анкетах-заявах, отримується банком з інших джерел. Такі фактори, як річний дохід, розмір неповерненої позики, володіння нерухомим майном або автомобілем, стаж роботи на останньому місці, вік, історія погашення минулих кредитів, графік виплат по поточному займу, динаміка руху коштів на рахунку клієнта та інш., потенційно пов'язані з кредитоспроможністю і тому можуть бути вхідними змінними в скоринговій моделі. Використовуючи досить простий розрахунковий механізм інтрофізичних методів, ми отримуємо ймовірність повернення кредиту за умови наявності множини характеристик у позичальника.

Створюючи інформаційну технологію кредитного скорингу доцільно в її рамках створити апарат, який дозволяв би зберігати в системі не одну, а декілька скорингових моделей різної направленості. Ні в кого не викликає сумнівів факт, що оцінка фізичної особи і юридичної особи має базуватись на даних зовсім різного характеру. Отже і перелік впливів у кожній моделі буде свій. Більш того, можна створити окремі скорингові моделі для різних програм кредитування. Для короткотермінових кредитів більша увага буде приділятися об'ємам щомісячного доходу позичальника, при довготермінових – наявності поручителя тощо. Крім того, створювана технологія повинна включати механізми моніторингу якості (адекватності) використовуваних моделей, які забезпечать можливість відслідковування відповідності закладених в моделях показників до сучасних тенденцій у справі скорингу, а також можливість перерахунку значущості впливів, що враховуються в тій чи іншій скоринговій моделі.

#### **Література**

1. Тесля Ю.Н. Введение в информатику природы: Монография. – К.: Маклаут, 2010. – 255с.

## ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ О НЕОБХОДИМОСТИ ВМЕШАТЕЛЬСТВА В ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЖИВОЙ МАТЕРИИ

**Актуальность темы.** В авторских публикациях [1] [2] уже обсуждались мои предложения о создании универсальной математической теории принятия решений, предназначенной в первую очередь для живой материи. Отличительная особенность этой теории состоит в том, что основана она на двух фундаментальных концепциях:

1. Во-первых, в соответствии с современной естественнонаучной парадигмой получения научного знания от этапа постановки проблемы до её решения, познание любого природного или рукотворного явления должно завершаться созданием **формальной теории** жизнедеятельности исследуемого явления, предназначенной для замены натурального экспериментирования вычислительным экспериментированием при:
  - контроле корректности, устойчивости, надёжности и долговечности функционирования динамики этого явления;
  - и прогнозировании процесса развития этого явления во времени.
2. Во-вторых, **формальная теория** должна основываться исключительно на аксиомах, получаемых в процессе натурального экспериментирования с исследуемым явлением в мироздании, которые являются гарантией адекватного познания естественных законов жизнедеятельности этого явления.

При реализации упомянутых концепций должны непременно выполняться перечисленные в тексте доклада требования к процессу познания. Также, в докладе обоснован тезис о том, что создание формальных моделей природного, или рукотворного явления, на основе какой-либо из 1500 математических структур классической математики, кроме структуры логики предикатов первого порядка, **недопустимо**. Так как для таких моделей с количеством физических переменных более 5 шт., которые характеризуют допустимые состояния этих явлений, **не существует точных аналитических методов решения целевых задач анализа**, проявляющих качество функционирования этих исследуемых явлений.

Для формулирования и формального доказательства теорем применяется классическая теория автоматического доказательства теорем, обладающая внутренним языком формального описания и формального доказательства теорем.

Функционально полный вариант ЛДМ (логики-диалектической модели) исследуемого явления предназначается для замены натурального экспериментирования **вычислительным экспериментированием** (в объеме отражения функционально полного сценария жизнедеятельности познаваемого физического, или физиологического явления) **при прогнозировании эволюции** этого явления.

Создавая обсуждаемую универсальную формальную теорию жизнедеятельности природных и рукотворных явлений автор, в процессе объективной оценки вреда, наносимого всевозможными стереотипными парадоксальными гипотетическими утверждениями, не допустила в своей формальной теории следующий перечень смысловых некорректностей и целый ряд ошибок отражения жизнедеятельности того или иного явления, присутствующие в традиционных современных теориях.

Объективно оценить состояние комплекса материй, реализующих конкретные функциональные системы организма человека, в интересующий нас момент времени по ИП НС ЦНС (информационным процессам (ИП) в нейронных сетях (НС) центральной нервной системы (ЦНС)), принципиально невозможно, так как там нет специальной, необходимой для этой цели информации. Во всяком случае, никому из естествоиспытателей такую информацию пока обнаружить в составе информации ВПФ (высших психических функций) не удалось. Иначе можно сказать так: в человеческом организме не существует специальных рецепторов,



предназначенных для информирования его сознания об интегральной оценке уровня работоспособности каждой их функциональных систем этого организма. В ИП НС ЦНС есть много другой информации, предназначенной для функционирования всех ВПФ, в том числе, например, сознания, мышления, восприятия, воображения. Но каким образом из этой информации сформировать требующуюся информацию для оценки текущего состояния, например, функции зрения, пока никому не известно. Пример авторского подхода к подобным оценкам и решению такого рода сверхсложных задач приводится в докладе.

**Цель** доклада заключается в ознакомлении научного сообщества с возможностями предлагаемой мною корректной теории принятия решений, которая позволяет автоматически выработать решения, свободные от досадных ошибок, часто переходящих в роковые, в процессе управления реальными объектами.

Убедиться в этом можно на публикуемых мною самых разнообразных примерах, в этот раз – снова на примере от живой материи. Приведён пример построения каркаса формальной логико-диалектической модели иммунной системы человека.

Сформулирована теорема об иммунном статусе человека  $X$  в представляемой автором формальной теории моделирования статических и динамических состояний природных явлений и процессов прогнозирования эволюции этих состояний:

**Если в теореме об иммунном статусе абстрактного человека  $X$  все переменные, функционально полно характеризующие его иммунный статус, представлены тоже в абстрактном формате, и конъюнкция аксиом №1 – №3, а также аксиома №4, основываясь на фактах исторической практики, имеют истинное значение по своей физиологической сущности, то заключение теоремы должно быть формально выводимо из её посылок (например, по формальным правилам логики предикатов первого порядка) исключительно при наличии одной, или нескольких конкретных интерпретаций этой теоремы, подтверждённых исторической практикой.** С одной стороны, отмеченное условие выводимости заключения из посылок является критерием проверки корректности формальной теории. А с другой стороны, в этом, собственно, и заключается одна из сущностей диалектики материалистического познания, исключающая ошибки прогнозирования эволюции статических и динамических состояний наблюдаемых природных явлений.

Теорема успешно доказана. Видно, что речь идет лишь об установлении факта соответствия **Иммунного статуса** ( $I_s$ ) исследуемого человека ( $X$ ) иммунному статусу здорового человека соответствующего возраста и пола, имеющего нормативный показатель статуса ( $№Y$ ). Однако если естествоиспытателями будут созданы корректные рекомендации по регулированию отношений между физическими переменными, функционально полно характеризующими иммунный статус человека и улучшающими его, то рассматриваемая математическая модель останется неизменной, но в ней появятся дополнительные логические формулы, функционально полно и адекватно отражающие смысл отношений между физическими переменными, улучшающими иммунный статус человека.

## Литература

1. Кондратенко В.А. О поддержке принятия решений в экспертных диагностических системах. НАНУ. ИК им. В.М. Глушкова. Компьютерная математика. Выпуск 2. Киев. 2013. г.
2. Кондратенко В.А. Создание единого стереотипа логической конструкции мышления для содержательного и формального доказательства теорем. Киев. “Алефа”. 2010 г. -267 стр.
3. В.А. Кондратенко, А.И. Кондратенко. Теория и практика искусственного интеллекта в автоматическом доказательстве теорем. – Киев: Научное издание “Полиграфкнига” 2006 г.

Сосницкий А. В.

Бердянский государственный педагогический университет  
SOSNITSKY.UKR@YANDEX.UA, ТЕЛ. +380665093093**ПАССИОНАРНОСТЬ ГОМОГЕННО-ГЕТЕРОТРОПНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**Введение.** Явление пассионарности впервые было обнаружено в 1950-х гг. Л. Н. Гумилевым при исследованиях закономерностей формирования мировых этносов как некая таинственная гипотетическая жизненная энергия (пассионарность), необъяснимым образом посещающая разнообразных индивидуальных или коллективных участвующих личностей (пассионариев) с часто необъяснимыми пассионарными целями без какой-либо очевидной логики и научного обоснования [1]. Согласно Л. Н. Гумилеву, в мировой цивилизации время от времени происходят массовые «мутации» (пассионарные толчки), одновременно повышающие уровень пассионарности, продолжающиеся не дольше нескольких лет, в отдаленных друг от друга местах. Л. Н. Гумилев выделяет наибольшие пассионарные толчки активной части всемирной истории с 18-го века до н.э. по 8 век н.э., приведенные на рис. 1.

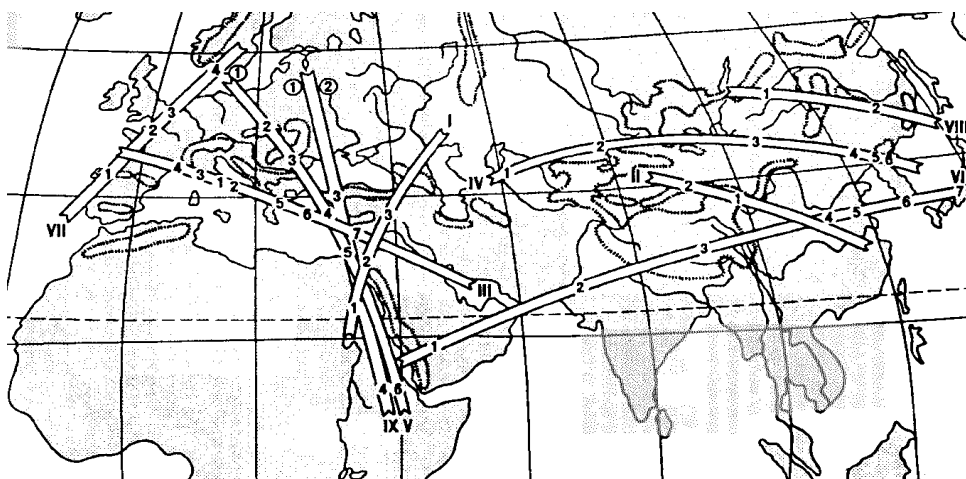


Рис. 1. Оси зон пассионарных толчков (нумерация Л. Н. Гумилева)

Пассионарные толчки происходят по единой схеме, приведенной в табл. 1, обобщающей 40 индивидуальных кривых этногенеза, построенных для различных суперэтносов.

С точки зрения Л. Н. Гумилева, пассионарность превалирует над другими историческими факторами, включая географию, климат, экономику и др. Проблемой пассионарности есть отсутствие какого-либо научного объяснения, почему в научных кругах она считается спорной теорией. Она действительно неразрешима в догматической науке, однако вполне объясняется Универсальной теорией (УТ, Моделью (УМ)), представляющей Вселенную единым целым, воедино связанным высшими понятиями, выпадающими в догматике [2-3].

**Универсальный анализ пассионарности.** Согласно универсальным представлениям каждое явление имеет внешние и внутренние связи, сверхзакон всеобщей гармонизации (развития) которых порождает глобализацию и жизнь (интеллект), соответственно (рис. 2). Глобализация образует новое более общее явление, однако стерилизует (упрощает под текущие условия) концептуальный базис живых участников, чем стагнирует процесс гармонизации. Многообразие этого базиса сохраняется квазиразделением (гетеротропностью) участников с каузально разным (хаотическим) набором концептов, но происходящим из единого исходного понятия (жизни, интеллекта для 3-го класса) (гомогенность). Гомогенно-гетеротропная схема широко распространена в живой природе – флора, фауна, человечество, компьютерные сети и др.

Таблица 1. Пассионарные стадии этногенеза

| № | Срок            | Название                        | Содержание  |
|---|-----------------|---------------------------------|---|
| 1 | 0 лет (начало)  | Толчок или дрейф                | Как правило, не отражен в истории   |
| 2 | 0 -150 лет      | Инкубационный период            | Рост пассионарности. Отражен только в мифах   |
| 3 | 150 - 450 лет   | Подъём                          | Быстрый рост пассионарности. Сопровождается тяжелой борьбой и медленным расширением территории              |
| 4 | 450 - 600 лет   | Акматическая фаза, или перегрев | Колебания пассионарности около максимума, превосходящего оптимальный уровень. Быстрое увеличение могущества |
| 5 | 600 - 750 лет   | Надлом                          | Резкий спад пассионарности. Гражданские войны, раскол этнической единицы                                    |
| 6 | 750 – 1000 лет  | Инерционная фаза                | Медленный спад пассионарности на уровне около оптимального. Общее процветание                               |
| 7 | 1000 - 1150 лет | Обскурация                      | Спад пассионарности ниже нормального уровня. Упадок и деградация  |
| 8 | 1150 - 1500 лет | Мемориальная                    | Сохранение только памяти о жизни этноса   |
| 9 | 1150 лет +      | Гомеостаз                       | Существование в равновесии со средой  |

Глобализация и интеллектуализация есть прогрессивные процессы, однако порождает многие вторичные эффекты. Все классы имеют свою характеристическую величину (табл. 2), которая в 3-м классе (гармония, связность) активно развивает явления в отличие от пассивных энтропии (разрушающей явления 1-го класса, термодинамика) и энергии (сохраняющей явления 2-го класса, механика).

Гармония есть искомая пассионарность живых явлений, противоположная свойствам неживых явлений. Если тепло в 1-м классе перемещается от горячих к холодным телам, то в 3-м классе гармония направляется внутренней целью явлений обычно от менее гармоничных к более гармоничным явлениям с увеличением дисгармонии первых.

Таблица 2. Характерные величины классов явлений

| Класс | Название                      | Характеристическая величина | Степень гармонии  |
|-------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1     | Хаос (Термодинамика)          | Энтропия                    | Распад сущего     |
| 2     | Естественный отбор (Механика) | Энергия                     | Сохранение сущего |
| 3     | Жизнь (Интеллект)             | Гармония                    | Развитие сущего   |

Каждое явление имеет дисгармонию (хаос – отсутствие связей) как разность полной гармонии явления (локальный гармон) и текущей гармонии явления (рис. 3).

Хаос есть источник всей проблематики явления. Рост внешней гармонии (глобализация) явлений из-за подключения еще большего количества гармонии/хаоса может внезапно уменьшать/увеличивать проблематику их существования, соответственно, что проявляется в форме пассионарных толчков.

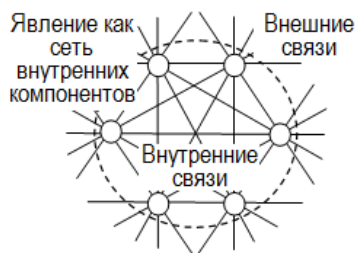


Рис. 2. Схема вселенского явления как части реального мира

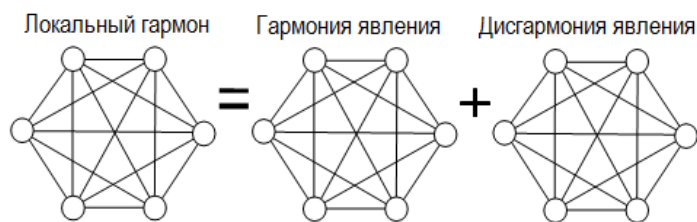


Рис. 3. Схема локального гармона

**Активация и познание явлений.** Живые явления (субъекты) используют систему вселенских понятий для преобразования хаоса в гармонию. Более высокие понятия открывают новые области знаний по сравнению с ранее достигнутыми, и дают преимущества гармонизации познавших субъектов, реализующих пассионарные толчки (рис. 4).



Рис. 4. Схема познания через абстрагирование

Субъекты применяют абсолютные понятия через их активацию, а познают через их копирование. В зависимости от соотношения активации/познания и их отрицаний возникает следующая классификация результатов гармонизации (табл. 3).

Таблица 3. Классификация гармонизации от активации и познания понятий

| Класс | Абсолютное понятие | Субъективное понятие | Действие на явление        |
|-------|--------------------|----------------------|----------------------------|
| 1     | Деактивировано     | Не познано           | Нет                        |
| 2     | Активировано       | Не познано           | Дисгармонизация            |
| 3     | Деактивировано     | Познано              | Потенциальная гармонизация |
| 4     | Активировано       | Познано              | Гармонизация               |

Если абсолютное понятие не активировано и не познано субъектом, то оно не оказывает никакого действия на него. Если абсолютное понятие активировано, но не познано, то разрушает субъект по 1-2 классам гармонической классификации, а если познано, то гармонизирует по 3-му классу при наличии гармонического ресурса. Если абсолютное понятие деактивировано, но познано, оно есть потенциальный ресурс гармонизации.

**Механизм осциллирующего существования догматических пассионариев.** В процессе существования субъекты взаимосвязано активируют и познают абсолютные понятия для достижения текущих гармонических целей. Однако при догматическом (ограниченном) познании первое опережает второе и переходит в 2-й класс соотношения, дисгармонизирующий до самоуничтожения или до восстановления соответствия

активации/познания (4-й класс) на примитивном уровне с последующим повторением активной гармонизации (осцилляция) (рис. 5).

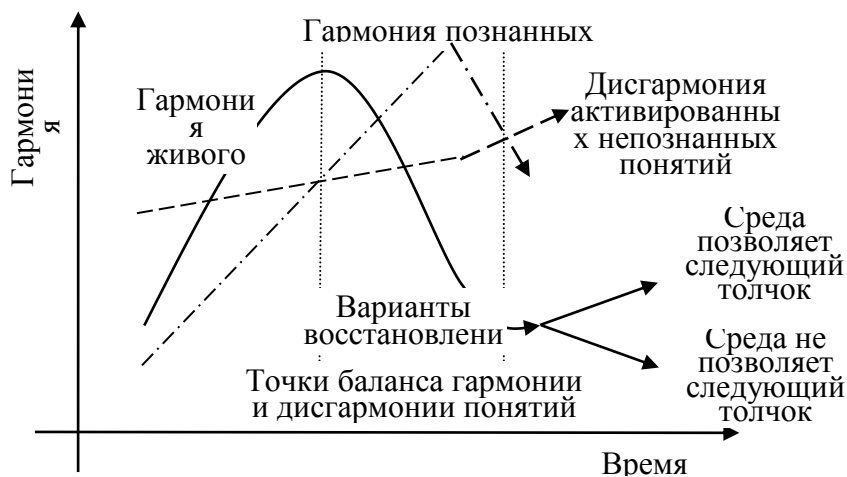


Рис. 5. Схема пассионарной катастрофы живого явления (совпадает с таблицей 1)

По такой схеме осциллировали все империи, включая российскую и СССР. Универсализация сознания субъектов снимает ограничения на познание и исключает хаотическую пассионарность, стабилизируя существование живых явлений.

**Заключение.** В работе впервые дано научное объяснение явления пассионарности исторических процессов на основе универсальных представлений, актуального для современных быстро развивающихся глобальных интеллектуальных систем и сетей. Явление пассионарности присуще всем догматизированным сложным гомогенно-гетеротропным живым явлениям и дестабилизирует их существование, стабилизируемое посредством универсализации сознания.

### Литература

1. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли /Под ред. доктора геогр. наук. профессора В. С. Жекулина. - 2 изд. испр. и доп. - Л.: Изд-во ЛГУ. 1989. -496 с.
4. Sosnitsky A. Harmonious Foundations of Intelligence // Communication of SIWN. – 2009. - Vol. 7. - pp. 66 – 72.
5. Sosnitsky A.V. Beginnings if the Universe Model and Deduction of Initial System of Information Concepts // Information Theories & Applications. – 2012. – Vol. 19, № 1. – pp. 56 – 85.

УДК 004.652+004.655+004.657

**Буй Д.Б., Шишацкая Е.В.**

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

e-mail: [buy@unicyb.kiev.ua](mailto:buy@unicyb.kiev.ua), [oshyshatska@gmail.com](mailto:oshyshatska@gmail.com)**НЕКЛАССИЧЕСКИЕ ЛОГИКИ: ТРЕХЗНАЧНЫЕ ЛОГИКИ КЛИНИ И ТРЕХЭЛЕМЕНТНЫЕ ЦЕПИ, ЧЕТЫРЕХЗНАЧНЫЕ ЛОГИКИ, ЛОГИКИ ЧАСТИЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ****1. ВВЕДЕНИЕ**

Доклад посвящен сильной и слабой трехзначным логикам Клини, использующихся в теории рекурсии [1, часть III, гл. XII, § 64, с. 296-303]. По современной классификации такие логики относятся к трилогикам. Сильная логика используется в системах алгоритмических алгебр Глушкова [2, гл. 4 § 4.1, с. 117; § 4.2, табл. 4 на с. 127], современных SQL-подобных языках реляционных баз данных [3, с. 169-170] и современных языках спецификаций UML/OCL при работе с булевым типом, пополненным третьим специальным значением [4, 5]. Заметим, что слабая логика Клини возникает путем естественного расширения в понимании [6] стандартных булевых операций, этот подход полностью отвечает принципам работы со специальным значением (UNDEFINED) стандарта объектных баз данных ODMG, в частности, языку запросов OQL [7, 8]. Далее под сильной и слабой логикой Клини будем понимать сильную и слабую трехзначную логику Клини.

Сделаем несколько общих замечаний. Обзоры развития логик представлены в [9, 10]. Адекватность использования многозначных логик дискуссионная, о чем свидетельствуют форумы [11-13], посвященные данной проблематике в сфере баз данных. Использование многозначных логик, в частности, неопределенных значений и трехзначных логик в базах данных имеет своих сторонников [14-16] и противников [17-18].

Заключительная часть доклада посвящена четырехзначным логикам (см., например, [19, подраздел 8.10, с. 1820183]) и перенесению результатов по сильной трехзначной логике Клини на частичные предикаты.

**2. ПОСТРОЕНИЕ СИЛЬНОЙ ЛОГИКИ КЛИНИ НА ОСНОВЕ ОБЫЧНОЙ БУЛЕВОЙ ЛОГИКИ**

Применим общезначимую конструкцию распространения операций с элементов на множества элементов в терминах полного образа; именно такая конструкция применялась в [3, подраздел 1.3, с. 23-24] при исследовании операций табличных алгебр, построенных на основе известных реляционных алгебр Кодда; общим свойствам полного образа посвящена работа [20].

Полный образ позволяет естественно распространять унарные (бинарные) операции на универсуме на булеан универсума. Через  $[f]$  обозначим унарную тотальную операцию на булеане  $P(D)$  универсума  $D$ , которая индуцируется частичной операцией  $f$  на универсуме и задается равенством  $[f](X) \stackrel{def}{=} f[X]$ ; тут и далее  $f[X] \stackrel{def}{=} \{y \mid \exists x(x \in X \wedge y \simeq f(x))\}$  – полный образ множества  $X$  относительно операции  $f$ , где, учитывая частичность функции,  $\simeq$  – обобщенное равенство (по другой терминологии сильное равенство Клини).

Аналогично, пусть  $F$  – бинарная частичная операция на  $D$ ; она также порождает бинарную тотальную операцию  $[F]$  на булеане универсума  $D$ , которая задается равенством  $[F](X, Y) \stackrel{def}{=} F[X \times Y]$ .

Применим указанную схему расширения к сигнатурным операциям алгебры классической булевой логики  $\langle \{T, F\}; \wedge, \vee, \neg \rangle$ , где  $\{T, F\}$  – множество логических значений истины и лжи. Результат расширения операции конъюнкции  $\wedge$  и отрицания  $\neg$  на булеан

$P(\{T, F\})$  приведены в табл. 1, 2 (расширение дизъюнкции строится аналогично). В табл. 1 первому аргументу отвечают столбцы, второму аргументу – строки.

**Таблица 1. Операция  $[\wedge]$  на булеане  $P(\{T, F\})$**

|             |             |             |             |             |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|             | $\emptyset$ | $\{T\}$     | $\{F\}$     | $\{T, F\}$  |
| $\emptyset$ | $\emptyset$ | $\emptyset$ | $\emptyset$ | $\emptyset$ |
| $\{T\}$     | $\emptyset$ | $\{T\}$     | $\{F\}$     | $\{T, F\}$  |
| $\{F\}$     | $\emptyset$ | $\{F\}$     | $\{F\}$     | $\{F\}$     |
| $\{T, F\}$  | $\emptyset$ | $\{T, F\}$  | $\{F\}$     | $\{T, F\}$  |

**Таблица 2. Операция  $[\neg]$  на булеане  $P(\{T, F\})$**

|          |             |         |         |            |
|----------|-------------|---------|---------|------------|
| аргумент | $\emptyset$ | $\{T\}$ | $\{F\}$ | $\{T, F\}$ |
| значение | $\emptyset$ | $\{F\}$ | $\{T\}$ | $\{T, F\}$ |

Расширения бинарных операций коммутативны; поэтому табл. 1 “симметрична” (относительно главной диагонали), и сопоставление аргументам столбцов или строк в действительности несущественно.

Свойства коммутативности и ассоциативности расширений конъюнкции и дизъюнкции наследуются (что следует из общих результатов [3, утверждение 1.3.1; 20, утверждение 5]).

Поскольку декартово произведение и полный образ сохраняют пустое множество, то и операции  $[\wedge]$ ,  $[\vee]$ ,  $[\neg]$  сохраняют пустое множество. Поэтому в табл. 1 присутствуют константные строка и столбец, заполненные  $\emptyset$ .

Рассмотрим отображение  $\psi: \{T, F, \omega\} \rightarrow P(\{T, F\})$ , где  $\omega$  – третье логическое значение логики Клини (содержательно интерпретируется как неопределенность):  $\psi(T) = \{T\}$ ,  $\psi(F) = \{F\}$ ,  $\psi(\omega) = \{T, F\}$ . Очевидно, отображение инъективно, но не сюръективно (ведь пустое множество не входит в область значений отображения  $\psi$ ).

Операции алгебры сильной логики Клини будем обозначать как операции алгебры булевой логики, вводя только нижний индекс  $k$ ; договоримся об одноименных операциях: операциям  $\wedge_k$ ,  $\vee_k$  и  $\neg_k$  сопоставляются соответственно операции  $[\wedge]$ ,  $[\vee]$  и  $[\neg]$ .

**Предложение 1** (построение алгебры сильной логики Клини). Отображение  $\psi$  – однозначный гомоморфизм алгебры сильной логики Клини  $\langle \{T, F, \omega\}; \wedge_k, \vee_k, \neg_k \rangle$  в алгебру  $\langle P(\{T, F\}); [\wedge], [\vee], [\neg] \rangle$ , то есть это отображение является вложением алгебры сильной логики Клини в алгебру  $\langle P(\{T, F\}); [\wedge], [\vee], [\neg] \rangle$ .  $\square$

*Доказательство.* Действительно, заменяя в табл. 1-2 значения  $\{T\}, \{F\}, \{T, F\}$  на  $T, F, \omega$  соответственно (согласно отображения  $\psi$ ) и удаляя константные столбец и строку, заполненные значением  $\emptyset$ , приходим к табличному заданию операций конъюнкции и отрицания алгебры сильной логики Клини. Случай сильной дизъюнкции рассматривается полностью аналогично.  $\square$

Таким образом, алгебру сильной логики Клини можно получить путем применения к алгебре классической булевой логики конструкции расширения (в терминах полного образа) ее сигнатурных операций.

### 3. КОМПАКТНОЕ ЗАДАНИЕ ОПЕРАЦИЙ СИЛЬНОЙ ЛОГИКИ КЛИНИ

Идея заключается в переходе от алгебры  $\langle \{T, F, \omega\}; \wedge_k, \vee_k \rangle$  к соответствующей структуре (отметим, что сейчас чаще употребляется термин “решетка”, однако будем пользоваться термином “структура”, поскольку ссылаемся на результаты [21], где используется именно этот термин).

Действительно, непосредственно проверяется, что эти сигнатурные операции коммутативны, ассоциативны и идемпотентны; кроме того, выполняются два закона поглощения:  $x \vee_k (x \wedge_k y) = x$  и  $x \wedge_k (x \vee_k y) = x$  для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ .

Следовательно, по стандартной процедуре, положив  $x \leq_k y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} x = x \wedge_k y$  (эквивалентно  $x \leq_k y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} y = x \vee_k y$ ), можно перейти к структуре, точные грани двухэлементных множеств которой находятся по формулам  $\inf\{x, y\} = x \wedge_k y$ ,  $\sup\{x, y\} = x \vee_k y$  (см., например [21, гл. II, § 8, теорема 3, с. 154]).

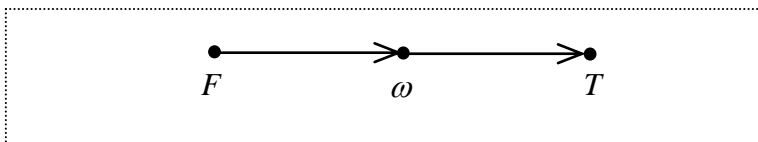
Отношение  $\leq_k$  в общем случае является частичным порядком [21, гл. II, § 8, теорема 1, с. 151-152]. Для алгебры сильной логики Клини оно проиллюстрировано в табл. 3 (значениям аргумента  $x$  отвечают строки,  $y$  – столбцы; в следующих таблицах будем придерживаться этого же соглашения); знак “+” в ячейке означает, что соответствующие элементы находятся в отношении, знак “-” – не находятся.

Для случая структуры, отвечающей алгебре сильной логики Клини, ее порядок является линейным (см. рис. 1, построенный на основе табл. 3), а именно  $F \leq_k \omega \leq_k T$  (для компактности на рис. 1 не приведена одна стрелка, возникающая ввиду транзитивности, и три петли, отвечающие рефлексивности порядка).

Таким образом, общая ситуация существенно упрощается: структура в действительности является цепью и  $x \wedge_k y$  является наименьшим ( $x \vee_k y$  – наибольшим) из элементов  $x, y$  для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ .

**Таблица 3. Порядок  $\leq_k$  на  $\{T, F, \omega\}$**

|       |   | $x = x \wedge_k y$ |   | $y = x \vee_k y$ |   | $x = x \wedge_k y$ |   | $y = x \vee_k y$ |   |
|-------|---|--------------------|---|------------------|---|--------------------|---|------------------|---|
|       |   | T                  | F | T                | F | T                  | F | T                | F |
| x \ y | T | +                  | + | -                | - | -                  | - | -                | - |
|       | F | +                  | + | +                | + | +                  | + | +                | + |
| ω     | T | +                  | + | -                | - | +                  | + | +                | + |
|       | F | +                  | + | -                | - | +                  | + | +                | + |



**Рис.1. Линейный порядок  $\leq_k$  на множестве  $\{T, F, \omega\}$**

Анализ процедуры построения структуры (напомним, что  $x \leq_k y \Leftrightarrow x = x \wedge_k y \Leftrightarrow y = x \vee_k y$ ), показывает, что линейность в общем случае частичного порядка обеспечивается таким свойством

сильных конъюнкции и дизъюнкции –  $x \wedge_k y, x \vee_k y \in \{x, y\}$  для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ .

Сформулируем общий результат для коммутативных идемпотентных полугрупп. В формулировке следующего утверждения считаем известной связь между коммутативными идемпотентными полугруппами и нижними (верхними) полуструктурами (см., например, [21, гл. II, § 8, теорема 1, с. 151-152]).

**Предложение 2** (критерий линейности порядка полуструктуры, построенной по коммутативной идемпотентной полугруппе). Пусть  $\langle D, + \rangle$  – коммутативная идемпотентная полугруппа, а  $\leq$  – частичный порядок, соответствующей нижней полуструктуре, то есть  $x \leq y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} x = x + y$ . Порядок  $\leq$  линейный (т.е.  $\langle D, \leq \rangle$  является цепью) тогда и только тогда, когда  $x + y \in \{x, y\}$  для всех  $x, y \in D$ . □

*Доказательство.* Необходимость. Пусть порядок  $\leq$  линеен, установим принадлежность  $x + y \in \{x, y\}$  для всех  $x, y \in D$ .



Пусть  $x, y$  – произвольные элементы; поскольку порядок линейен, то  $x \leq y$  или наоборот  $y \leq x$ . В первом случае  $x = x + y$ , во втором –  $y = y + x$ . Поскольку операция коммутативна, то в обоих случаях выполняется принадлежность  $x + y \in \{x, y\}$ .

Достаточность. Пусть  $x + y \in \{x, y\}$  для всех  $x, y$ ; покажем, что порядок линейен.

Пусть  $x, y$  – произвольные элементы, тогда по предположению  $x + y = x$  или  $x + y = y$ . В первом случае  $x \leq y$  по определению порядка, во втором –  $y \leq x$  (действительно,  $y = x + y = y + x$ ). □

Из этого предложения и следует линейность порядка структуры, ассоциируемой с алгеброй сильной логики Клини.

Кроме того, то, что структура является цепью, можно показать и другим элементарным путем. Действительно, указанная структура конечна, значит, она имеет наименьший (нуль) и наибольший (единицу) элементы, которые обозначим  $0_k, 1_k$  соответственно. Поскольку структура трехэлементная, то, очевидно, что  $0_k <_k 1_k$  и для третьего элемента  $z$  (отличного от наименьшего и наибольшего элементов) выполняется строгое неравенство  $0_k <_k z <_k 1_k$ . Следовательно, структура  $\langle \{T, F, \omega\}; \leq_k \rangle$  является цепью.

Таким образом, линейность порядка структуры, ассоциируемой с алгеброй сильной логики Клини, следует, с одной стороны, из свойств операций (из принадлежностей  $x \wedge_k y, x \vee_k y \in \{x, y\}$ ), а, с другой стороны, просто из трехэлементности структуры.

Именно трехэлементность здесь существенна, ибо каждая  $n$ -элементная структура является цепью при  $n = 1, 2, 3$ ; что не выполняется, в общем случае, при  $n \geq 4$  (самый простой пример – булеан двухэлементного множества со стандартным порядком  $\subseteq$ ).

Подытожим вышеприведенную информацию.

**Предложение 3** (компактное задание бинарных операций алгебры сильной логики Клини). Отношение  $\leq_k$  превращает множество  $\{T, F, \omega\}$  в цепь (а, значит, и в структуру), причем  $x \wedge_k y$  является наименьшим (соответственно,  $x \vee_k y$  – наибольшим) из элементов  $x, y$  для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$  согласно этого (линейного) порядка. □

Доказательство вытекает из общих результатов теории структур (интерпретации структуры как алгебры, каждая из двух сигнатурных операций которой идемпотентна, коммутативна и ассоциативна, а сами эти операции связаны законами поглощения) и линейности соответствующего порядка (см. рис. 1). □

Симптоматично, что по сути такое компактное задание операций (алгебры) сильной логики Клини используется в популярной программистской литературе по языку SQL:  $F$  интерпретируется как число 0,  $T$  – как 1,  $\omega$  – как  $\frac{1}{2}$ ; тогда  $x \wedge_k y = \min(x, y)$ ,  $x \vee_k y = \max(x, y)$  при естественном порядке –  $0 < 1/2 < 1$ ; более того,  $\neg x = 1 - x$  (см., например, [22]).

#### 4. СЛАБАЯ ЛОГИКА КЛИНИ, ВОЗНИКАЮЩАЯ ПРИ ЕСТЕСТВЕННОМ РАЗШИРЕНИИ БУЛЕВОЙ ЛОГИКИ

Рассмотрим слабую логику Клини и начнем с алгебры (группоида)  $\langle \{T, F, \omega\}; \wedge_\omega \rangle$ , где операция конъюнкции отлична от рассмотренной выше сильной конъюнкции Клини и задана следующим образом: в случаях, когда хотя бы один аргумент равен третьему (новому) значению  $\omega$ , результатом будет именно это значение; во всех других случаях операция ведет себя как операция  $\wedge$  стандартной логики (табл. 4). Такую операцию  $\wedge_\omega$  будем называть слабой конъюнкцией Клини [1].

Таблица 4. Операция  $\wedge_\omega$  на  $\{T, F, \omega\}$ , сохраняющая  $\omega$

|                 |          |          |          |
|-----------------|----------|----------|----------|
| $\wedge_\omega$ | $T$      | $F$      | $\omega$ |
| $T$             | $T$      | $F$      | $\omega$ |
| $F$             | $F$      | $F$      | $\omega$ |
| $\omega$        | $\omega$ | $\omega$ | $\omega$ |

Следовательно, речь идет о расширении стандартной конъюнкции, сохраняющем третье логическое значение. Операции конъюнкции и дизъюнкции алгебры сильной логики Клини, в отличие от операции отрицания этой же алгебры, третье логическое значение  $\omega$  не сохраняют (см. табл. 1, 2; например,  $T \vee \omega = T$ ,  $F \wedge \omega = F$ , но  $\neg \omega = \omega$ ).

Так определенная операция ассоциативна, коммутативна и идемпотентна (что проверяется непосредственно); то есть  $\langle \{T, F, \omega\}; \wedge_\omega \rangle$  коммутативная идемпотентная полугруппа и можно применить общую процедуру построения по ней полуструктуры (верхней или нижней).

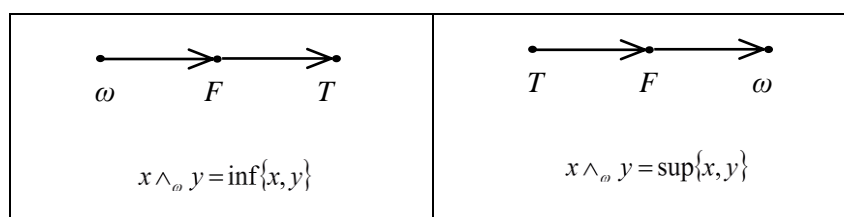
Определим два бинарных отношения  $x \leq (\wedge_\omega) y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} x = x \wedge_\omega y$  и  $x \preceq (\wedge_\omega) y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} y = x \wedge_\omega y$ . Будем использовать обозначение вида  $\leq (\wedge_\omega)$ , желая подчеркнуть, что отношение  $\leq$  индуцируется операцией  $\wedge_\omega$ , аналогично, для инверсного отношения. Иногда в таких обозначениях операцию явно указывать не будем. Тогда каждое из этих отношений является порядком, и множество  $\{T, F, \omega\}$  с порядком  $\leq (\wedge_\omega)$  (с порядком  $\preceq (\wedge_\omega)$ ) является нижней (верхней) полуструктурой, причем  $\inf_{\leq} \{x, y\} = x \wedge_\omega y$  (соответственно  $\sup_{\preceq} \{x, y\} = x \wedge_\omega y$ ) (см., например, [21, гл. II, § 8, с. 152-152, теорема 1]).

Очевидно, порядки  $\leq (\wedge_\omega)$  та  $\preceq (\wedge_\omega)$  взаимноинверсны, то есть  $x \leq y \Leftrightarrow y \preceq x$ . Следовательно, согласно принципа двойственности, не суть важно, какой именно порядок из этих двух рассматривать (см., например, [23, § 1, с. 10]).

Порядки  $\leq (\wedge_\omega)$  та  $\preceq (\wedge_\omega)$  проиллюстрированы в табл. 5 и на рис. 2. (на котором не приведены одна стрелка, которая восстанавливается соответственно транзитивности, и три петли, которые соответствуют рефлексивности порядка).

**Таблица 5. Порядки  $\leq (\wedge_\omega)$  та  $\preceq (\wedge_\omega)$  на  $\{T, F, \omega\}$**

|                  |     | $x \leq y \Leftrightarrow x = x \wedge_\omega y$ |          |     | $x \preceq y \Leftrightarrow y = x \wedge_\omega y$ |          |  |
|------------------|-----|--|----------|-----|---|----------|--|
| $x \backslash y$ | $T$ | $F$  | $\omega$ | $T$ | $F$   | $\omega$ |  |
| $T$              | +   | -  | -        | +   | +   | +        |  |
| $F$              | +   | +  | -        | -   | +   | +        |  |
| $\omega$         | +   | +  | +        | -   | -   | +        |  |



**Рис. 2. Порядки  $\leq (\wedge_\omega)$  (слева) и  $\preceq (\wedge_\omega)$  (справа) на  $\{T, F, \omega\}$**

Аналогично, группоид  $\langle \{T, F, \omega\}; \vee_\omega \rangle$ , операция которого есть расширением стандартной операции дизъюнкции и сохраняет третье логическое значение  $\omega$  (табл. 6), является коммутативной идемпотентной полугруппой. (операция  $\vee_\omega$  ассоциативна, коммутативна и идемпотентна, что проверяется непосредственно). Снова можно применить общую процедуру построения полуструктуры.

**Таблица 6. Операция  $\vee_\omega$  на  $\{T, F, \omega\}$ , сохраняющая  $\omega$**

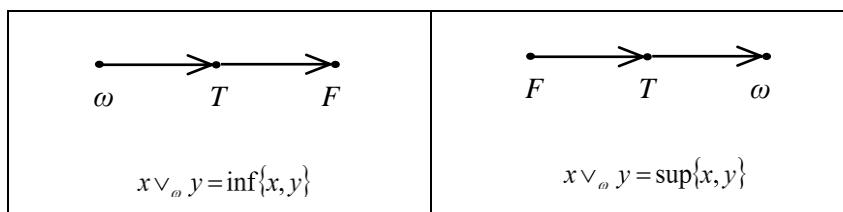
| $\vee_\omega$ | $T$      | $F$      | $\omega$ |
|---------------|----------|----------|----------|
| $T$           | $T$      | $T$      | $\omega$ |
| $F$           | $T$      | $F$      | $\omega$ |
| $\omega$      | $\omega$ | $\omega$ | $\omega$ |

Определим два отношения  $x \leq (\vee_{\omega}) y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} x = x \vee_{\omega} y$  и  $x \preceq (\vee_{\omega}) y \stackrel{def}{\Leftrightarrow} y = x \vee_{\omega} y$  (как и для случая конъюнкции эти два отношения взаимноинверсны).

Тогда каждое из этих отношений есть порядком, и множество  $\{T, F, \omega\}$  с порядком  $\leq (\vee_{\omega})$  (с порядком  $\preceq (\vee_{\omega})$ ) является нижней (верхней) полуструктурой, причем  $\inf_{\leq} \{x, y\} = x \vee_{\omega} y$  (соответственно  $\sup_{\preceq} \{x, y\} = x \vee_{\omega} y$  [21, гл. II, § 8, с. 151-152, теорема 1]. Порядки проиллюстрированы в табл. 7 и на рис. 3. (не показана одна стрелка, которая восстанавливается соответственно транзитивности, и три петли, отвечающие рефлексивности порядка).

**Таблица 7. Порядки  $\leq (\vee_{\omega})$  и  $\preceq (\vee_{\omega})$  на  $\{T, F, \omega\}$**

|                  | $x \leq (\vee_{\omega}) y \Leftrightarrow x = x \vee_{\omega} y$ |     |          | $x \preceq (\vee_{\omega}) y \Leftrightarrow y = x \vee_{\omega} y$ |     |          |
|------------------|--|-----|----------|---|-----|----------|
| $x \backslash y$ | $T$  | $F$ | $\omega$ | $T$   | $F$ | $\omega$ |
| $T$              | +  | +   | -        | +   | -   | +        |
| $F$              | -  | +   | -        | +   | +   | +        |
| $\omega$         | +  | +   | +        | -   | -   | +        |



**Рис. 3. Порядки  $\leq (\vee_{\omega})$  (слева) и  $\preceq (\vee_{\omega})$  (справа) на  $\{T, F, \omega\}$**

Анализ процедуры построения полуструктур (напомним, что, например,  $x \leq (\wedge_{\omega}) y \Leftrightarrow x = x \wedge_{\omega} y$ ), показывает, что линейность, в общем случае, частичного порядка обеспечивается таким свойством слабой конъюнкции и слабой дизъюнкции –  $x \wedge_{\omega} y, x \vee_{\omega} y \in \{x, y\}$  для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ .

Следовательно, ситуация с линейностью порядков аналогична сильной логике Клини и даже упрощается: принадлежности  $x \wedge_{\omega} y, x \vee_{\omega} y \in \{x, y\}$  в случае, когда хотя бы один из аргументов  $x, y$  есть  $\omega$ , автоматически следуют из сохранения значения  $\omega$  операциями.

Отличие заключается в том, что установить линейность порядка как следствие трехэлементности нельзя, поскольку работаем в полуструктурах (заметим, что существует простой пример трехэлементной полуструктуры, которая не является цепью; вместе с тем понятно, что двухэлементные полуструктуры являются цепями).

Подытожим информацию о полуструктурах (в действительности, структурах, поскольку порядок линейен), индуцированных двумя рассмотренными коммутативными идемпотентными полугруппами.

**Предложение 4** (структуры, индуцируемые слабой конъюнкцией и слабой дизъюнкцией). Отношения  $\leq (\wedge_{\omega})$  та  $\preceq (\wedge_{\omega})$  превращают множество  $\{T, F, \omega\}$  в цепь (а, значит, и в структуру), причем  $x \wedge_{\omega} y$  является наименьшим (наибольшим) из элементов  $x, y$  согласно порядку  $\leq (\wedge_{\omega})$  (соответственно  $\preceq (\wedge_{\omega})$ ) для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ .

Отношения  $\leq (\vee_{\omega})$  и  $\preceq (\vee_{\omega})$  также превращают множество  $\{T, F, \omega\}$  в цепь (а, значит, и в структуру), причем  $x \vee_{\omega} y$  является наименьшим (наибольшим) из элементов  $x, y$  согласно порядку  $\leq (\vee_{\omega})$  (соответственно  $\preceq (\vee_{\omega})$ ) для всех  $x, y \in \{T, F, \omega\}$ . □

Доказательство следует из указанных результатов теории полуструктур (взгляда на полуструктуру как на коммутативную идемпотентную полугруппу) и линейности соответствующих порядков (см. рис. 2-3) □

Очевидно, что в последнем предложении два (взаимоинверсные) порядка для слабой конъюнкции отличаются от двух (взаимоинверсных) порядков для слабой дизъюнкции. Следовательно, среди указанных четырех порядков нет порядка, отвечающего одновременно слабой конъюнкции и слабой дизъюнкции (в отличие от сильной логики Клини, где такой “общий порядок” существует, см. рис. 1).

Для алгебры  $\langle \{T, F, \omega\}; \wedge_\omega, \vee_\omega \rangle$  сформулируем общий вопрос: существует ли на множестве  $\{T, F, \omega\}$  порядок (обозначим его  $\triangleleft$ ), превращающий его в структуру, причем для произвольных  $x, y$  выполняются равенства  $x \wedge_\omega y = \inf_{\triangleleft} \{x, y\}$ ,  $x \vee_\omega y = \sup_{\triangleleft} \{x, y\}$  (либо, согласно принципа двойственности, в эквивалентной форме  $x \wedge_\omega y = \sup_{\triangleleft} \{x, y\}$ ,  $x \vee_\omega y = \inf_{\triangleleft} \{x, y\}$ )?

Допустим, что такой порядок существует, тогда должны выполняться законы поглощения для операций слабой конъюнкции и слабой дизъюнкции [21, гл. II § 8, с. 152-153, теорема 2]. Но результаты непосредственной проверки этих законов, приведенные в таблице 8, показывают, что в случаях, когда только  $y$  совпадает с  $\omega$ , оба закона поглощения не выполняются. Следовательно, такого порядка не существует.

**Таблица 8. Выполнимость законов поглощения для операций  $\vee_\omega, \wedge_\omega$**

|                  |  | $(x \vee_\omega y) \wedge_\omega x = x$ |     |          | $(x \wedge_\omega y) \vee_\omega x = x$ |     |          |
|------------------|--|---|-----|----------|---|-----|----------|
| $x \backslash y$ |  | $T$                                     | $F$ | $\omega$ | $T$                                     | $F$ | $\omega$ |
| $T$              |  | +                                       | +   | -        | +                                       | +   | -        |
| $F$              |  | +                                       | +   | -        | +                                       | +   | -        |
| $\omega$         |  | +                                       | +   | +        | +                                       | +   | +        |

Невыполнение законов поглощения вполне естественно. Ведь суть этих законов заключается в том, что значения выражений,  $(x \vee_\omega y) \wedge_\omega x$ ,  $(x \wedge_\omega y) \vee_\omega x$  не зависят от значения  $y$ , а определяются только значением  $x$ . Понятно, что это требование не выполняется, если операции сохраняют значение  $\omega$ ,  $y$  совпадает с ним, а  $x$  наоборот, отличный от  $\omega$ .

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На множестве  $\{T, F, \omega\}$  существует  $6=3!$  возможных линейных порядков, связь которых с операциями дизъюнкции и конъюнкции двух рассмотренных логик Клини приведена в табл. 9.

Порядок 1 (инверсный ему порядок 2) отвечает одновременно дизъюнкции и конъюнкции сильной логики Клини. Это порядки структуры, ассоциируемой с алгеброй сильной логики Клини.

Порядок 3 (инверсный ему порядок 4) отвечает дизъюнкции, но не конъюнкции слабой логики Клини. Дуально, порядок 5 (инверсный ему порядок 6) – отвечает конъюнкции, но не дизъюнкции слабой логики Клини. Это порядки полуструктур, ассоциируемых с двумя полугруппами слабой логики Клини (сигнатура одной полугруппы состоит из слабой дизъюнкции, сигнатура другой – из слабой конъюнкции).

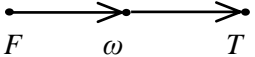
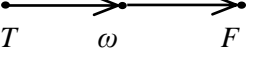
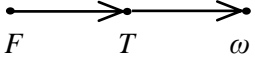
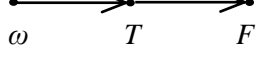
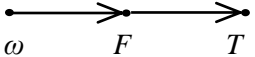
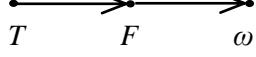
Заключительная часть доклада посвящена четырехзначным логикам (см., например, [19, подраздел 8.10, с. 1820183]) и перенесению результатов по сильной трехзначной логике Клини на частичные предикаты.

Сделаем несколько замечаний о операциях конъюнкции и дизъюнкции частичных предикатов. Здесь есть два пути. Во-первых, можно вводить эти операции как суперпозиции (по Мальцеву) в (классическую) конъюнкцию (дизъюнкцию). Во-вторых, можно пойти по пути

сильной логики Клини: тогда, например, область истинности дизъюнкции предикатов совпадает с объединением областей истинности исходных предикатов, а область ложности – с пересечением областей ложности; что касается конъюнкции, то ее область ложности совпадает с объединением областей ложности, а область истинности – с пересечением областей истинности исходных предикатов. Возникают вопросы о устройстве соответствующих группоидов и полуструктур.

Подчеркнем, что сложности возникают именно для частичных предикатов: множество тотальных предикатов с операциями конъюнкции, дизъюнкции и отрицания изоморфно решетке множеств (что проверяется непосредственно сопоставлением предикату его области истинности (либо ложности)).

**Таблица 9. Всевозможные цепи на  $\{T, F, \omega\}$  и их связь с логиками Клини**

|   |  |
|---|--|
| <p>1.</p>  $x \wedge_k y = \min(x, y)$ $x \vee_k y = \max(x, y)$ | <p>2.</p>  $x \wedge_k y = \max(x, y)$ $x \vee_k y = \min(x, y)$ |
| <p>3.</p>  $x \vee_{\omega} y = \max(x, y)$                      | <p>4.</p>  $x \vee_{\omega} y = \min(x, y)$                      |
| <p>5.</p>  $x \wedge_{\omega} y = \min(x, y)$                  | <p>6.</p>  $x \wedge_{\omega} y = \max(x, y)$                  |

### Литература

1. Клини С.К. Введение в метаматематику / С.К. Клини. – Москва: ИЛ, 1957. – 526 с.
2. Глушков В.М. Алгебра. Языки. Программирование / В.М. Глушков, Г.Е. Цейтлин, Е.Л. Ющенко. – Киев: Наукова думка, 1978. – 318 с.
3. Редько В.Н. Реляційні бази даних: табличні алгебри та SQL-подібні мови / В.Н. Редько, Ю.Й. Брона, Д.Б. Буй, С.А. Поляков. – Київ: Видавничий дім “Академперіодика”, 2001. – 198 с.
4. Cook S. The Amsterdam Manifesto on OCL. – UML 2.0 Request for information response: OMG Analysis & Design PTF, 1999 / S. Co., A. Kleppe, R. Mitchell, B. Rumpe, J. Warmer, A. Wills [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.trireme.com/whitepapers/design/components/OCL\\_manifesto.PDF](http://www.trireme.com/whitepapers/design/components/OCL_manifesto.PDF).
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.omg.org//05-06-06.pdf](http://www.omg.org//05-06-06.pdf).
6. Манна З. Теория неподвижной точки программ / З.Манна // Кибернетический сборник. Новая серия. Вып. 15. – Москва: Мир, 1978. – С. 38-100.
7. The Object Data Standard: ODMG 3.0 / Edited by R.G.G. Cattel, Douglas K. Barry. – Morgan Kauffmann Publishers, 2000.
8. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.omg.org/docs/omg/04-07-02.pdf>.
9. Кондаков Н.И. Логический словарь / Н.И. Кондаков. – Москва: Издательство “Наука”, 1971. – 656 с.
10. Карпенко А.С. Логика на рубеже тысячелетия / Карпенко А.С. // Логические исследования. – 2000. – Вып. 7. – С. 7-60.

11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dbpd.com>.
12. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.citforum.ru>.
13. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.intelligententerprise.com](http://www.intelligententerprise.com).
14. Codd E.F. Extending the Relational Database Model to Capture More Meaning: IBM Research Report RJ2599 / E.F. Codd // ACM Transactions on Database Systems. – 1979. – No. 4.
15. Брусенцов Н.П. Ущербность двоичности / Н.П. Брусенцов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ternarycomp.narod.ru/SPb.doc>.
16. Кузнецов С.Д. Неопределенная информация и трехзначная логика / С.Д. Кузнецов // Системы управления базами данных. – 1997. – № 05-06. – С. 65-67.
17. Date C.J. Faults and Defaults (in five parts) / C. Date, H. Darwen, D. McGoveran // Relational Database Writings 1994-1997. – Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1998.
18. Непейвода Н.Н. Прикладная логика: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. / Н.Н. Непейвода. – Новосибирск: Изд-во Новосиб. ун-та, 2000. – 521 с.
19. Codd E.F. The Relational Model for Database Management: Version 2 / E.F. Codd. – Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1990. – 538 p.
20. Буй Д.Б. Властивості теоретико-множинних конструкцій повного образу та обмеження / Д.Б. Буй, Н.Д. Кахута // Вісник Київського університету. Сер.: фіз.-мат. науки. – 2005. – Вип. 2. – С. 232-240.
21. Скорняков Л.А. Элементы алгебры / Л.А. Скорняков – Москва: Наука, 1986. – 240 с.
22. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sql-ex.ru/help/select2.php>.
23. Скорняков Л.А. Элементы теории структур / Л.А. Скорняков – Москва: Наука, 1982. – 160 с.

## ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

*Абрамов Генадій Серафимович*, ХНТУ, доцент, к.ф.-м.н.  
*Аджубей Лариса Трохимівна*, КНУ ім.Т.Шевченка  
*Албанський Іван Богданович*, ТНЕУ, викладач кафедри СКС, к.т.н.  
*Андрашко Юрій Васильович*, ДВНЗ "УжНУ", асистент  
*Антосяк Павло Павлович.*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Антощук Світлана Григорівна*, ОНПУ, директор інституту комп'ютерних систем, д.т.н., професор  
*Арсирій Олена Олександрівна*, ОНПУ, к.т.н., доцент  
*Бабенко Юлія Васильєвна*, Национальная металлургическая академия України, аспірантка  
*Бабич Михайло Данилович*, Український державний університет фінансів та міжнародної торгівлі, професор, д.ф.-м.н.  
*Бабілонга Оксана Юрійівна*, ОНПУ, доцент, к.т.н.  
*Бабічев Сергій Анатолійович*, ХНТУ, доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук, к.т.н., доцент  
*Бардачов Юрій Миколайович*, ХНТУ, ректор, д.т.н., професор  
*Батюк Анатолій Євгенович*, НУ "Львівська політехніка", к.т.н, доцент  
*Бедратюк Любомир Леонідович*, КНУ ім. Т. Шевченка, студент  
*Белько Іван Васильєвич*, УО «БГАТУ», професор, д.ф.-м.н.  
*Берзлев Олександр Юрійович*, Київський національний університет будівництва і архітектури  
*Бешлей А.В.*, Львівський національний університет імені Івана Франка  
*Биць Олексій Вікторович*, Інститут кібернетики НАНУ, с.н.с., к.т.н.  
*Бігун Роман Романович*, ЛНУ ім. І. Франка, магістр  
*Бідюк Петро Іванович*, Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ», професор, д.т.н.  
*Біла Галина Дмитрівна*, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, м.н.с.  
*Богучарський С.І.*, Харківський національний університет радіоелектроніки  
*Бодянський Євгеній Володимирович*, ХНУРЕ, професор кафедри штучного інтелекту, науковий керівник Проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, д.т.н., професор  
*Бойко Олена Олександрівна*, ХНУРЕ, аспірантка  
*Брила Андрій Юрійович*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Брицький Сергій Володимирович*, ОНАХТ  
*Буй Дмитро Борисович*, КНУ ім. Т. Шевченка, професор кафедри теорії та технології програмування, д.ф.-м.н., професор  
*Бутусов Олександр Дмитрович*, ДВНЗ «УжНУ», магістр  
*Вашкеба Михайло*, ДВНЗ "УжНУ", аспірант  
*Верстяк Андрій Васильович*, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, доцент, к.е.н  
*Винокурова Олена Анатоліївна*, ХНУРЕ, головний науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, професор кафедри безпеки інформаційних технологій, д.т.н., с.н.с.  
*Вишемирська Світлана Вікторівна*, ХНТУ, доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук, к.т.н., доцент  
*Вінничук Ігор Станіславович*, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, асистент  
*Вінничук Олена Юрійівна*, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, доцент кафедри економіко-математичного моделювання, к.е.н., доцент  
*Водолазський Ю.А.*, Інститут геотехнічної механіки ім.М.С. Полякова НАН України  
*Возна Наталія Ярославівна*, ТНЕУ, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, к.т.н., доцент  
*Волковицький Дмитро Володимирович*, КНУ ім.Т.Шевченка, аспірант  
*Волошин Олексій Федорович*, КНУ ім. Т.Шевченка, д.т.н., професор  
*Вороненко Марія Олександрівна*, ХНТУ, асистент  
*Воронич Артур Романович*, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, асистент, к.т.н.

Вялкова Віра Іванівна, КНУ ім. Т. Шевченка, асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації, к.т.н.

Гайворонська Галина Сергіївна, ОНАХТ, зав. каф., д.т.н., професор

Ганницький І.В., ОНАХТ

Гаранжа Дмитро Миколайович, ДВНЗ «Національний гірничий університет», асистент

Гарасим Ярослав Степанович, ЛНУ ім. І. Франка, старший викладач

Гецько Олександра Михайлівна, ДВНЗ "УжНУ", викладач

Гече Федір Елемирович, ДВНЗ "УжНУ", зав. каф., д.т.н., професор

Гладун В.П., д.т.н., проф.

Глебена Мирослава Іванівна, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент

Голік Андрій Олександрович, КНУ ім. Т. Шевченка, аспірант

Головач Йозеф Ігнацович, ДВНЗ "УжНУ", д.т.н., професор

Гомозов Євген Павлович, НТУ «ХП», доцент, к.ф.-м.н.

Гончаренко Мирослава Олегівна, ХНУРЕ, аспірант

Гренджа Володимир Іванович, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент

Григорків Василь Степанович, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, завідувач кафедри економіко-математичного моделювання, д.ф.-м.н., професор

Григорків Марія Василівна, ЧНУ ім. Ю. Федьковича

Гринберг Галина Леонідівна, НТУ «ХП», доцент, к.т.н

Гуляницький Леонід Федорович, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, завідувач відділу, д.т.н

Гуменний Петро Володимирович, ТНЕУ, викладач кафедри СКС, к.т.н.

Давлетова Аліна Ярославівна, ТНЕУ, провідний інженер кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем

Дейнеко Анастасія Олександрівна, ХНУРЕ, аспірантка

Дейнеко Жанна Валентинівна, ХНУРЕ, доцент кафедри МСТ, к.т.н.

Дідик Олексій Олександрович, ХНТУ, доцент, к.т.н.

Добуляк Леся Петрівна, ЛНУ ім. І. Франка, асистент

Долинюк Тарас Миколайович, ТНЕУ, студент

Домрачев Володимир Миколайович, Європейський університет, доцент, к.ф.-м.н.

Доманецька І.М., Київський національний університет будівництва і архітектури

Донченко Володимир Степанович, КНУ ім. Т. Шевченка, проф., д.ф.-м.н.

Дрюк Олександр Дмитрович, ХНУРЕ, аспірант

Євтушенко Г.Л., Національна металургійна академія

Єгорова Ольга В'ячеславівна, Черкаський державний технологічний університет, асистент

Емелічев Владимир Алексеевич, Белорусский государственный университет, д.ф.-м.н., професор

Желдак Тімур Анатолійович, ДВНЗ «Національний гірничий університет», доцент кафедри системного аналізу і управління, к.т.н., доцент

Заведюк Т.М., Бучацький інститут менеджменту та аудиту

Задірака Валерій Константинович, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, член-кореспондент НАНУ, д.ф.-м.н., професор

Зайченко Юрій Петрович, ННК « Інститут прикладного системного аналізу НТУУ «КП», професор, д.т.н.

Зайка Тетяна Сергіївна, НТУ «ХП», аспірант

Заховалко Тетяна Вікторівна, ДВНЗ «ЗНУ», докторант, к.ф.-м.н, доцент

Зиновеева Марина Игоревна, Запорожский национальный технический университет, аспірант

Зюков Сергій Володимирович, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, асистент

Йовбак Євгеній Святославович, УжНУ, студент

Іванов Сергій Миколайович, ДВНЗ «ЗНУ», аспірант

Івохін Євген Вікторович, КНУ ім. Т.Шевченка, д.ф.-м.н., доцент

Ільїна Олена Павлівна, Інститут програмних систем НАН України, п.н.с., к.ф.-м.н., с.н.с.

Іщенко Святослав Володимирович, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, асистент



Казак Юлія Сергіївна, ОНАХТ, студент  
Калініченко Ольга Вікторівна, ХНУРЕ, доцент, к.т.н.  
Кальченко Анастасія Сергіївна, ОНАХТ, аспірант  
Карпетян Анаїт Радіківна, Черкаський державний технологічний університет, аспірант  
Касянчук Михайло Миколайович, ТНЕУ, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, к.ф.-м.н., доцент  
Кирия Руслан Виссарионович, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України, с.н.с., к.т.н.  
Кімак Володимир Любомирович, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, аспірант  
Кіріченко Людмила Олегівна, ХНУРЕ, професор, д.т.н.  
Кнопов Дмитро Олександрович, КНУ ім. Т. Шевченка, студент  
Князева Ніна Олексіївна, ОНАХТ, зав. каф. інформаційних систем та мереж, д.т.н., професор  
Кобицька Юлія Олександрівна, ХНУРЕ, аспірант  
Ковальов Данііл Ігоревич, КНУ ім.Т.Шевченка, аспірант  
Кожухівська Ольга Андріївна, Черкаський державний технологічний університет, ст. викладач, к.т.н.  
Кожухівський Андрій Дмитрович, Черкаський державний технологічний університет, професор кафедри, д.т.н., професор  
Козаченко Юрій Васильович, КНУ ім. Т.Шевченка, професор кафедри теорії ймовірностей, статистики і актуарної математики ,д.ф.-м.н., професор  
Козин Ігорь Вікторович, ЗНУ, професор, д.ф.-м.н.  
Козина Галина Леонидовна, Запорожський національний технічний університет, доцент  
Колесніков Костянтин Васильович, Черкаський державний технологічний університет, доцент кафедри інформаційних технологій проектування, к.т.н., доцент  
Копаліані Д.С., Харківський національний університет радіоелектроніки  
Копча-Горячкіна Галина Ернестівна, ДВНЗ "УжНУ", ст. викладач  
Кондратенко Вікторія Александровна, Інститут кібернетики НАНУ, н.с., к.ф.-м.н.  
Конюшенко Олексій Володимирович, КНУ ім. Т. Шевченка, аспірант  
Корнелюк Олександр Іванович, КНУ ім. Т. Шевченка, завідувач кафедри молекулярної біології, біотехнології та біофізики, д.б.н., член-кор. НАН України, професор  
Котик О.В., Черкаський державний технологічний університет  
Коцовський Владислав Миронович, ДВНЗ "УжНУ", к.т.н., доцент  
Кравченко Ольга Віталіївна, Черкаський державний технологічний університет, ст. викладач  
Крак Юрій Васильович, КНУ ім. Т. Шевченка, зав. кафедри, д.ф.-м.н., проф.  
Кривень Мирослав, ЛНУ ім. І. Франка, магістр  
Кривонос Юрій Георгійович, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України, заст. директора, д.ф.-м.н., проф., академік НАНУ  
Крикавський Євген Васильович, НУ «Львівська політехніка», зав. кафедри МЛ, професор, д.е.н.  
Крилов Віктор Миколайович, ОНПУ, професор, д.т.н.  
Криштанович Елена Александровна, УО «БГАТУ», старший преподаватель, магістр економічних наук  
Круліковський Борис Борисович, Національний університет водного господарства та природокористування, завідувач кафедри обчислювальної техніки, доцент, к.т.н.  
Кряжич Ольга Олександрівна, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, науковий співробітник, к.т.н.  
Кудін Володимир Іванович, КНУ ім. Т. Шевченка, д.т.н., с.н.с.  
Кудін Григорій Іванович, КНУ ім. Т.Шевченка, к.ф.-м.н., доцент  
Кузка Олександр Іванович, ДВНЗ "УжНУ", зав. каф., к.ф.-м.н., доцент  
Кузнєцов Володимир Іванович, Національна металургійна академія  
Кузьо Наталія Євгенівна, НУ «Львівська політехніка», старший викладач кафедри МЛ  
Кулагіна Катеріна Миколаївна, НТУ «ХП», магістр  
Куліш С.В., Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України

*Кулішова Нонна Євгенівна*, ХНУРЕ, професор кафедри МСТ, к.т.н., доцент  
*Куриця Т.І.*, ДВНЗ "УжНУ"  
*Кучеренко Євгеній Іванович*, ХНУРЕ, професор кафедри ШІ, д.т.н., професор  
*Лавер Василь Олександрович*, ДВНЗ "УжНУ", асистент  
*Лапко Владислав Віталєвич*, ООО «Центр управленческих решений Sarmont», г. Минск, аналитик  
*Лебєдєва Т.Т.*, Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, с.н.с., к.е.н.  
*Литвиненко Володимир Іванович*, ХНТУ, завідувач кафедри інформатики і комп'ютерних наук, д.т.н., доцент  
*Ломага Марія Михайлівна*, ДВНЗ "УжНУ", асистент  
*Лурьє Ірина Анатолівна*, ХНТУ, доцент, к.т.н.  
*Любчик Леонід Михайлович*, НТУ «ХПІ», зав. кафедри, д.т.н., проф.  
*Людвиченко Валентин Олександрович*, Інститут комп'ютерно- інформаційних технологій, МАУП, доцент, к.ф.-м.н., с.н.с.  
*Мальшико Сергій Алексєєвич*, Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, к.ф.-м.н., с.н.с.  
*Маляр Микола Миколайович*, КНУ ім. Т. Шевченка, докторант, к.т.н.  
*Маляр-Газда Неля Миколаївна*, ДВНЗ "УжНУ", к.м.н.  
*Мамай Леся Михайлівна*, УжНУ, доцент каф. КСМ (ІТФ), к.ф.-м.н.  
*Ман М.В.*, ДВНЗ "УжНУ"  
*Маринець Василь Васильович*, ДВНЗ "УжНУ", зав. каф., д.ф.-м.н., професор  
*Маринець Катерина Василівна*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., ст. викладач  
*Матяшовська Беата Олександрівна*, ДВНЗ "УжНУ", ст. викладач  
*Маханець Любов Леонідівна*, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, доцент, к.е.н.  
*Машиталір Сергій Владимирович*, ХНУРЕ, доцент кафедри інформатики, к.т.н, доцент  
*Миронюк Іван Святославович*, Закарпатський центр профілактики та боротьби із СНІДом, головний лікар, к.м.н.  
*Михалєв Александр Ильич*, Национальная металлургическая академия Украины, заведуючий кафедрой ІТС, д.т.н., професор  
*Михалевич Вадим Михайлович*, НаУКМА, професор, д.ф.-м.н.  
*Мич Ігор Андрійович*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Мілявський Юрій Леонідович*, ННК «ІІСА» НТУУ «КПІ», асистент кафедри математичних методів системного аналізу, к.т.н.  
*Міца Александр Володимирович*, ДВНЗ "УжНУ", к.т.н., доцент  
*Млавець Юрій Юрійович*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Мулєса Оксана Юрійівна*, ДВНЗ «УжНУ», доцент кафедри кібернетики і прикладної математики, к.т.н.  
*Мулєса Павло Павлович*, ДВНЗ "УжНУ", ст. викладач  
*Назарага Інна Михайлівна*, КНУ ім. Т. Шевченка  
*Николайчук Любов Михайлівна*, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, доцент кафедри соціальних комунікацій та права, к.ю.н., доцент  
*Николайчук Ярослав Миколайович*, ТНЕУ, завідувач кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, д.т.н., професор  
*Нікітченко Микола Степанович*, КНУ ім. Т.Шевченка, д.ф.-м.н., проф.  
*Ніколенко Володимир Володимирович*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Овчаренко Віталій Євгенович*, Державне підприємство «Науково-дослідний технічний інститут приладобудування», заст. директора з наукової роботи, д.т.н., професор  
*Одинець Константин Олександрович*, Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, м.н.с.  
*Шкільняк Оксана Степанівна*, КНУ ім. Т.Шевченка, аспірант  
*Оксіюк Александр Глібович*, КНУ ім. Тараса Шевченка, завідувач кафедри кібербезпеки та захисту інформації, д.т.н., доцент  
*Олійник С.В.*, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

*Омельянчик Діана Анатоліївна*, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м.н.с.  
*Онищенко Андрій Михайлович*, КНУ ім. Т. Шевченка, професор, д.е.н.  
*Орлов О.А.*, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України  
*Осипенко Володимир Васильович*, Національний університет біоресурсів і природокористування, доцент, к.т.н.  
*Островка І.І.*, Національний університет «Львівська політехніка»  
*Остудін Борис Анатолійович*, ЛНУ ім. І. Франка, доцент кафедри обчислювальної математики, к.ф.-м.н., доцент  
*Отроценко Олександр Павлович*, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України, пров. інженер  
*Павленко Анна Ігорівна*, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, аспірант  
*Пасішній Ігор Олегович*, Черкаський державний технологічний університет, магістрант  
*Пашко Анатолій Олексійович*, Київський національний університет культури і мистецтв, доцент, к.ф.-м.н.  
*Передерій Віктор Іванович*, Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського, завідувач кафедри комп'ютерних систем, к.т.н., доцент  
*Петров Костянтин Едуардович*, Харківський національний університет внутрішніх справ, професор кафедри інформаційних технологій та захисту інформації, д.т.н., професор  
*Пецько Василь Іванович*, ДВНЗ "УжНУ", аспірант  
*Питьовка О.Ю.*, ДВНЗ "УжНУ"  
*Пікуляк Микола Васильович*, ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені В. Стефаника», провідний інженер-програміст  
*Пітух Ігор Романович*, ТНЕУ, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем, к.т.н., доцент  
*Піх Володимир Ярославович*, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, аспірант  
*Пічугіна Оксана Сергіївна*, ХНУРЕ, докторант кафедри прикладної математики, к.ф.-м.н., доцент  
*Плакасова Жаннетта Миколаївна*, Черкаський державний технологічний університет, ст. викладач  
*Плісс Ірина Павлівна*, ХНУРЕ, провідний співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, к.т.н., с.н.с.  
*Повідайчик Михайло Михайлович*, ДВНЗ «УжНУ», к.е.н., доцент  
*Повідайчик Мар'яна Михайлівна*, ДВНЗ «УжНУ», студентка  
*Погоріляк Олександр Олександрович*, ДВНЗ «УжНУ», доцент кафедри теорії ймовірностей і математичного аналізу, к.ф.-м.н., доцент  
*Поліщук Володимир Володимирович*, ДВНЗ «УжНУ», асистент  
*Поліщук Дмитро Олександрович*, ВП «Інформаційно-обчислювальний центр» ДТГО «Львівська залізниця», провідний інженер  
*Поляк Іван Йосипович*, ДВНЗ "УжНУ", к.ф.-м.н., доцент  
*Прядко Ольга Ярославівна*, ЛНУ ім. І. Франка, асистент кафедри дискретного аналізу та інтелектуальних систем, магістр  
*Рендзеняк Назар Андрійович*, ТНЕУ, студент  
*Романенко Віктор Демидович*, ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», заступник директора з науково-педагогічної роботи ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», д.т.н., професор  
*Руссіян Олена Анатоліївна*, Інститут економіки промисловості НАН України, с.н.с., к.е.н.  
*Рясна Ірина Іванівна*, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАНУ, н.с.  
*Сабадаш І.І.*, Національний університет "Львівська політехніка"  
*Савко Олександр Ярославович*, ЧНУ ім. Ю. Федьковича, асистент  
*Селіванова Алла Віталіївна*, Одеська національна академія харчових технологій, старший викладач кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки  
*Святогор Леонід Олександрович*, Інститут кібернетики НАНУ, к.т.н., с.н.с.  
*Семенов Віктор Вікторович*, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАНУ, м.н.с.

*Семенова Наталія Володимирівна*, Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України, д.ф.-м.н., професор  
*Семенович Б.С.*, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича  
*Сергієнко Іван Васильович*, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, директор, академік ННУ, д.ф.-м.н., професор  
*Сергієнко Микола Петрович*, КНУ ім. Тараса Шевченка, аспірант  
*Сергієнко Тетяна Іванівна.*, Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України  
*Серебровський Александр Николаевич*, Інститут проблем математических машин и систем НАНУ, с.н.с., к.т.н.  
*Синявська Ольга Олександрівна*, ДВНЗ «УжНУ», викладач, к.ф.-м.н.  
*Сіка Х.М.*, ДВНЗ "УжНУ"  
*Сініцин І.П.*, Інститут програмних систем НАНУ  
*Сіпко Олена Миколаївна*, Черкаський державний технологічний університет, викладач  
*Скукіс Олексій Євгенійович*, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України, н.с.  
*Склярєнко О.В.*, Європейський університет  
*Слабоспицька Ольга Олександрівна*, Інститут програмних систем НАНУ, с.н.с., к.ф.-м.н.  
*Слюсарчук Петро Володимирович*, ДВНЗ «УжНУ», к.ф.-м.н., доцент  
*Смеюха А.В.*, Государственный Научный Центр ФГУП ГосНИИАС  
*Снитюк Віталій Євгенович*, КНУ ім. Т. Шевченка, завідувач кафедри, д.т.н., професор  
*Сосницький Олександр Васильович*, Бердянський державний педагогічний університет, доцент, к.т.н.  
*Сойма Михайло Юрійович*, ДВНЗ "УжНУ", магістр  
*Стецюк Петро Іванович*, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАНУ, завідувач відділу, д.ф.-м.н., с.н.с.  
*Стрелковська Лілія Олександрівна*, Херсонська державна морська академія, старший викладач кафедри інформаційних технологій, комп'ютерних систем та мереж  
*Субхі Камл А.Б.*, КНУ ім.Т.Шевченка, аспірант  
*Тарасова Ольга Валеріївна*, КНУ ім. Т.Шевченка  
*Терендій Ольга Володимирівна*, Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, математик 1 категорії  
*Терещук Г.М.*, Європейський університет  
*Тернов Антон Сергійович*, Інститут кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України, н.с., к.т.н.  
*Тимофієва Надія Костянтинівна*, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, п.н.с., д.т.н., с.н.с.  
*Тищенко Олексій Костянтинович*, ХНУРЕ, с.н.с., к.т.н.  
*Третиник Віолета Вікентіївна*, Європейський університет, доцент кафедри інформаційних систем та математичних дисциплін, к.ф.-м.н., доцент  
*Трофимчук О.М.*, Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАНУ  
*Трошкі Віктор Бейлович*, ДВНЗ «УжНУ», аспірант  
*Трошкі Наталія Василівна*, КНУ ім. Т. Шевченка, аспірант  
*Урецька Юлія Ігорівна*, Черкаський державний технологічний університет, аспірант  
*Федунов Борис Євгеньевич*, Государственный Научный Центр ФГУП ГосНИИАС, д.т.н., професор  
*Фефелов Андрій Олександрович*, ХНТУ, доцент, к.т.н.  
*Хапко Роман Степанович*, ЛНУ ім. І. Франка, зав. кафедри, д.ф.-м.н., проф.  
*Харченко Олександра Олексіївна*, ХНУРЕ  
*Ходак Марина Вікторівна*, ХНУРЕ, аспірантка  
*Хроленко В.М.*, Київський національний університет будівництва і архітектури  
*Цегелик Григорій Григорович*, ЛНУ ім. І. Франка, зав. кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів, професор, д.ф.-м.н.  
*Цибенко М.В.*, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України  
*Чала Лариса Ернестівна*, ХНУРЕ, доцент, к.т.н.  
*Чупов Сергій Вікторович*, ДВНЗ «УжНУ», доцент, к.ф.-м.н.

*Шаламов Максим Олексійович*, ХНУРЕ, аспірант  
*Шаркаді Маріанна Миколаївна*, ДВНЗ "УжНУ", к.е.н.  
*Шило Володимир Петрович*, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, п.н.с., д.ф.-м.н., професор  
*Шишацька Олена Володимирівна*, КНУ ім. Т. Шевченка, інженер-програміст  
*Шкільняк Степан Степанович*, КНУ ім. Т.Шевченка, д.ф.-м.н., проф.  
*Шкільняк Оксана Степанівна*, КНУ ім. Т.Шевченка, аспірант  
*Шкуро Кристина Олександрівна*, ХНУРЕ, м.н.с. проблемної науково-дослідної лабораторії АСУ, к.т.н.  
*Шпонтак Іван Ярославович*, ДВНЗ "УжНУ", магістр  
*Штимак Анатолій Юрійович*, ДВНЗ "УжНУ", ст. викладач  
*Шулла Роман Степанович*, ДВНЗ "УжНУ", викладач  
*Шумило Наталія Ярославівна*, ДВНЗ "УжНУ", ст. викладач  
*Яджак Михайло Степанович*, Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, п.н.с., д.ф.-м.н., с.н.с.  
*Якименко Ігор Зіновійович*, ТНЕУ, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, к.т.н.  
*Яковенко Олександра Андріївна*, КНУ ім. Т. Шевченка, аспірант  
*Яковлев Сергій Всеволодович*, Харківський національний університет внутрішніх справ, професор кафедри математичного моделювання та інформативних технологій, д.ф.-м.н., професор, заслужений діяч науки та техніки України  
*Яковлева Ірина Олександрівна*, Харківський національний університет внутрішніх справ, доцент кафедри інформаційних технологій та захисту інформації, к.т.н., доцент  
*Ярема Василь Іванович*, ДВНЗ "УжНУ", д.е.н., професор  
*Яцук П.П.*, ОНАПТ

## ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Абрамов Г.С. 62  
Аджубей Л.Т. 120  
Албанський І.Б. 21  
Андрашко Ю.В. 23  
Антосяк П.П. 81  
Антошук С.Г. 24, 26  
Арсирій Е.А. 24  
Бабенко Ю.В. 25  
Бабилюнга О.Ю. 26  
Бабич М. Д. 27, 228  
Бабичев С.А. 28  
Бардачов Ю. М. 94, 160  
Батюк А.Є. 72  
Бедратюк Л.Л. 30  
Белько И.В. 32  
Берзлев О.Ю. 35  
Бешлей А.В. 36  
Бидюк П.И. 129  
Бігун Р.Р. 38  
Біла Г.Д. 41  
Богучарский С.И. 43  
Бодяньський Є.В. 15, 45, 47, 49, 51  
Бойко О.О. 51  
Брила А.Ю. 81  
Брицкий С.В. 53  
Буй Д.Б. 286  
Бутусов О.Д. 55  
Быць А.В. 42  
Вашкеба М.М. 72, 139  
Верстяк А.В. 19  
Винокурова О.А. 15, 45  
Вишемирська С.В. 157  
Вінничук І.С. 57  
Вінничук О.Ю. 59  
Водолазский Ю.А. 175  
Возна Н.Я. 60, 202  
Волковицький Д.В. 184  
Волошин О.Ф. 127, 151, 274  
Вороненко М.А. 62  
Воронич А.Р. 64  
Вялкова В.І. 188  
Гайворонская Г.С. 67, 69  
Ганницкий И.В. 69  
Гаранжа Д.М. 107  
Гарасим Я.С. 36  
Гецко О.М. 71  
Гече Ф. Е. 72, 139  
Гладун В.П. 74  
Глебена М.І. 75  
Голік А.О. 77  
Головач Й.І. 277  
Гомозов Є.П. 78  
Гончаренко М.О. 79  
Гренджа В.І. 81  
Григорків В.С. 82  
Григорків М.В. 83  
Гринберг Г.Л. 84  
Гуляницький Л. Ф. 86, 90  
Гуменний П.В. 21  
Давлетова А.Я. 122  
Дейнеко А.О. 47  
Дейнеко Ж.В. 47  
Дідик О.О. 94  
Добуляк Л. П. 96  
Долинюк Т.М. 122  
Доманецька І.М. 279  
Домрачев В.М. 100  
Донченко В. 77, 98  
Дрюк О.Д. 13  
Евтушенко Г.Л. 101  
Емеличев В.А. 103  
Єгорова О.В. 191  
Желдак Т.А. 105, 107  
Заведюк Т.М. 60  
Задірака В.К. 109, 228  
Зайченко Ю.П. 110  
Заїка Т.С. 113  
Заховалко Т.В. 114  
Зиновеева М.И. 132  
Зюков С.В. 20  
Ильина Е.П. 116  
Йовбак Є.С. 118  
Іванов С.М. 114  
Івохін Є.В. 120  
Іщенко С.В. 82  
Казак Ю.С. 69  
Калиниченко О.В. 124  
Кальченко А.С. 125  
Карпетян А.Р. 135  
Касянчук М.М. 122  
Кириченко Л.О. 124  
Кирия Р.В. 25, 175  
Кімак В.Л. 204  
Кнопов Д.О. 41  
Князева Н.А. 125  
Кобицкая Ю.А. 124  
Ковальов Д.І. 127  
Кожуховская О.А. 129  
Кожуховский А.Д. 129  
Козаченко Ю.В. 131  
Козин И.В. 132, 134  
Козина Г.Л. 134  
Колесніков К.В. 135  
Кондратенко В.А. 280  
Конюшенко О. В. 136  
Копаліані Д.С. 49  
Копча-Горячкіна Г.Е. 206  
Корнелюк О.І. 157  
Котик О.В. 236  
Коцовський В.М. 72, 139  
Кравченко О.В. 141  
Крак Ю.В. 77, 143  
Кривень М. 11  
Кривонос Ю.Г. 143  
Крикавський Є.В. 145  
Криштапович Е.А. 32  
Круліковський Б.Б. 204  
Крылов В.Н. 26  
Кряжич О.О. 251  
Кудін В.І. 147  
Кудін Г.І. 147  
Кузка О.І. 23  
Кузнецов В.И. 101  
Кузьо Н.Є. 145  
Кулагіна К.М. 78  
Куліш Є.В. 223  
Кулішова Н.Є. 149  
Куриця Т.І. 211  
Кучеренко Є.І. 13, 261  
Лавер В.О. 151  
Лапко В.В. 32  
Лебедева Т.Т. 153  
Литвиненко В.І. 157, 160  
Ломага М.М. 159  
Лур'є І.А. 160  
Любчик Л.М. 84, 162  
Людвиченко В.О. 164  
Мальшко С.А. 166  
Маляр М.М. 168  
Маляр-Газда Н.М. 169  
Мамай Л.М. 170  
Ман М.В. 171  
Маринець В.В. 172  
Маринець К.В. 172  
Матяшовська Б.О. 178  
Маханець Л.Л. 173  
Машталир С.В. 43  
Милявский Ю.Л. 213

Миронюк І.С. 180  
Михалєв А.И. 25, 101, 175  
Михалевич В.М. 177  
Мич І.А. 171, 174  
Мица О.В. 178, 196  
Млавець Ю.Ю. 131  
Мулеса О.Ю. 180  
Мулеса П.П. 15  
Назарага И. 98  
Николайчук Л.М. 182  
Николайчук Я.М. 60  
Нікітченко М.С. 184  
Ніколенко В.В. 186, 187  
Овчаренко В.Є. 13  
Одинец К.О. 157  
Оксіюк О.Г. 188  
Олійник С.В. 225  
Омельянчик Д.А. 189  
Онищенко А.М. 147  
Орлов О.А. 225  
Осипенко В.В. 160  
Островка І.І. 60  
Остудін Б.А. 36  
Отрощенко О.П. 143  
Павленко А.І. 90  
Пасішний І.О. 191  
Пашко А.О. 193  
Передерій В.І. 94  
Петров К.Э. 195  
Пецко В.І. 196  
Питьовка О.Ю. 172  
Пичугина О.С. 198  
Пікуляк М.В. 200  
Пітух І.Р. 202  
Піх В.Я. 204  
Плакасова Ж.М. 141  
Плісс І.П. 47  
Повідайчик М.М. 206  
Повідайчик М.М. 273  
Погоріляк О.О. 207  
Поліщук В.В. 208  
Поліщук Д.О. 209  
Поляк І.Й. 211  
Прядко О.Я. 212  
Рендзеняк Н.А. 122  
Романенко В.Д. 214  
Руссян О.А. 218  
Рясна І.І. 220  
Сабадаш І.І. 60  
Савко О.Я. 221  
Святогор Л.А. 74  
Селіванова А.В. 222  
Семенов В.В. 223  
Семенова Н.В. 153, 159,  
225  
Семенович Б.С. 221  
Сергієнко І.В. 228, 229  
Сергієнко М.П. 227  
Сергієнко Т.І. 153  
Серебровський А.Н. 231  
Синявська О.О. 18  
Сіка Х.М. 187  
Сініцин І.П. 233  
Сіпко О.М. 236  
Скляренко О.В. 250  
Скукіс О.Є. 237  
Слабоспицька О.О. 233  
Слюсарчук П.В. 118  
Смеюха А.В. 258  
Снитюк В.Є. 239  
Сойма М.Ю. 243  
Сосницький А.В. 282  
Стецюк П.І. 244  
Стрелковская Л.А. 28  
Субхі Камл А.Б. 120  
Тарасова О. 98  
Терендій О.В. 246  
Терещук Г.М. 100  
Тернов А.С. 143  
Тимофієва Н.К. 248  
Тищенко О.К. 49  
Третиник В.В. 250  
Трофимчук О.М. 251  
Трошкі В.Б. 253  
Трошкі Н.В. 254  
Урецька Ю.І. 256  
Федунов Б.Е. 258  
Фефелов А.А. 129  
Хапко Р.С. 11  
Харченко О.О. 45  
Ходак М.В. 261  
Хроленко В.М. 179  
Цегелик Г.Г. 38, 75, 212  
Цибенко М.В. 223  
Чалая Л.Э. 124  
Чупов С.В. 229, 263  
Шаламов М.О. 51  
Шаркаді М.М. 265  
Шило В.П. 229  
Шишацкая Е.В. 286  
Шкільняк О.С. 266  
Шкільняк С.С. 184  
Шкуро К.О. 45  
Шпонтан І.Я. 206  
Штимак А.Ю. 268  
Шулла Р.С. 206  
Шумило Н.Я. 178  
Яджак М. С. 269  
Якименко І.З. 122  
Яковенко О. 271  
Яковлев С.В. 198  
Яковлева И.А. 195  
Ярема В. І. 273  
Яцук П.П. 69

