

Ігор М. Лях¹, Наталія Я. Шумило², Валерія В. Чобаль³, Владислав А. Шиян⁴

ІНТЕГРАЦІЯ VISUAL STUDIO ТА MS SQL SERVER ДЛЯ РОЗРОБКИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ: АНАЛІЗ, УПРАВЛІННЯ ОБЛАДНАННЯМ ТА НОВИЗНА ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті досліджено можливості інтеграції Visual Studio та MS SQL Server для створення інтелектуальних адаптивних систем управління виробництвом. Розглянуто основні проблеми сучасних виробничих підприємств, зокрема необхідність автоматизації процесів, оптимізації використання ресурсів та забезпечення високої якості продукції. Особливу увагу приділено аналізу збору, обробки та зберігання даних з датчиків обладнання, а також використанню машинного навчання для прогнозування можливих відмов і підвищення ефективності технічного обслуговування.

Висвітлено роль Visual Studio як потужного середовища розробки, яке забезпечує створення гнучких програмних рішень, що легко адаптуються до змін у виробничих процесах. Описано переваги використання MS SQL Server для обробки великих обсягів даних у реальному часі, що дозволяє підприємствам оперативно реагувати на зміни та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Запропонована система включає модулі збору даних із використанням промислових протоколів OPC UA та MQTT, аналітичний модуль на основі ML.NET для прогнозування відмов обладнання, а також інтерактивну панель управління, що забезпечує візуалізацію результатів аналізу. Представлені результати підтверджують ефективність розробленої системи, зокрема зменшення часу простоїв, скорочення витрат на обслуговування та підвищення продуктивності підприємств.

Новизна дослідження полягає у комплексному підході до інтеграції програмного забезпечення та систем управління базами даних для створення проактивних рішень у виробничій сфері. Визначено перспективи подальших досліджень, які включають розширення функціональності системи шляхом інтеграції з IoT-платформами, використання хмарних технологій та впровадження штучного інтелекту для глибшого аналізу даних.

Ключові слова: інтеграція Visual Studio, MS SQL Server, управління обладнанням, адаптивні системи, машинне навчання, прогнозування відмов.

Літ. 10.

DOI: 10.32752/1993-6788-2025-1-285-62-67

Ihor Liakh, Natalia Shumylo, Valeriia Chobal, Vladyslav Shiyanyan

INTEGRATION OF VISUAL STUDIO AND MS SQL SERVER FOR DEVELOPMENT OF ADAPTIVE PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS: ANALYSIS, EQUIPMENT MANAGEMENT AND NOVELTY OF RESEARCH

The article explores the integration of Visual Studio and MS SQL Server for developing intelligent adaptive manufacturing management systems. The article examines the key challenges faced by modern manufacturing, including the need for process automation, resource optimization,

¹ Uzhhorod National University. Ukraine.

² Uzhhorod National University. Ukraine.

³ Uzhhorod National University. Ukraine.

⁴ National Academy of Management. Ukraine.

and ensuring high product quality. Special attention is given to analyzing data collection, processing, and saving storage from equipment sensors, as well as the usage of machine learning for prediction of a refusal and improving maintenance efficiency.

The article highlights the role of Visual Studio as a powerful development environment that enables the creation of flexible software solutions easily adaptable to changes in production processes. The study describes advantages of using MS SQL Server for real-time processing of large data volumes, allowing enterprises to respond promptly to changes and make well-grounded management decisions.

The proposed system includes data collection modules utilizing industrial protocols such as OPC UA and MQTT, an analytical module based on ML.NET for predicting equipment failures, and an interactive management dashboard that provides visualization of analysis results. The presented results confirm the effectiveness of the developed system, particularly in reducing downtime, lowering maintenance costs, and increasing overall productivity.

The novelty of the study lies in the complex approach to integrating software solutions and database management systems to create proactive manufacturing solutions. Future research directions are outlined, including expanding system functionality through integration with IoT platforms, adopting cloud technologies, and implementing artificial intelligence(AI) for deeper data analysis.

Keywords: *Visual Studio integration, MS SQL Server, management of equipment, adaptive systems, machine learning, failure prediction.*

Peer-reviewed, approved and placed: 02.03.2025.

Постановка проблеми. Сучасні виробничі підприємства стикаються зі складними викликами, пов'язаними з необхідністю підвищення ефективності виробничих процесів, оптимізації використання ресурсів та забезпечення високої якості продукції. Одним із ключових інструментів для вирішення цих завдань є розробка адаптивних систем управління виробництвом, які базуються на інтеграції потужних середовищ розробки програмного забезпечення, таких як Visual Studio, з системами управління базами даних, наприклад, MS SQL Server.

Важливість цього дослідження зумовлена потребою підприємств у більш ефективних, автоматизованих і аналітичних підходах до управління обладнанням та процесами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Інтеграція програмних середовищ з базами даних для управління виробництвом активно досліджується у сучасній науковій літературі. Багато робіт зосереджено на використанні Visual Studio для розробки програмних комплексів, що автоматизують різні аспекти виробничої діяльності. Інші дослідження присвячені можливостям MS SQL Server щодо зберігання та аналізу великих обсягів даних, необхідних для прийняття управлінських рішень. Окремо розглядаються питання використання машинного навчання для прогнозування відмов обладнання та оптимізації виробничих процесів. Однак недостатньо досліджень, які комплексно розглядають взаємодію цих технологій у створенні інтелектуальних систем управління.

Використання Visual Studio разом із MS SQL Server дозволяє створювати потужні системи управління, які можуть інтегрувати різні джерела даних, обробляти їх та надавати корисну інформацію для прийняття рішень. Ця інтеграція дозволяє розробникам створювати програмні рішення, які можуть

адаптуватися до змін у виробничих процесах. Машинне навчання відіграє важливу роль у сучасних системах управління виробництвом. Воно дозволяє прогнозувати можливі відмови обладнання, оптимізувати виробничі процеси та підвищувати ефективність використання ресурсів. Використання бібліотек, таких як ML.NET, дозволяє інтегрувати ці технології в існуючі системи без необхідності розробки складних алгоритмів з нуля.

Мета дослідження. Основна мета цього дослідження полягає в аналізі можливостей інтеграції Visual Studio та MS SQL Server для створення інтелектуальних систем управління виробництвом, зокрема для аналізу та управління обладнанням підприємства. Зокрема, досліджуються методи збору, обробки та аналізу даних з датчиків обладнання, а також застосування технологій машинного навчання для прогнозування можливих відмов та оптимізації технічного обслуговування.

Ефективний збір даних з різних джерел, таких як датчики обладнання, є критично важливим для роботи інтелектуальних систем управління. Використання промислових протоколів, таких як OPC UA та MQTT, дозволяє забезпечити надійну передачу даних у реальному часі. Після збору дані зберігаються в MS SQL Server, де вони можуть бути оброблені та проаналізовані. Однією з ключових переваг інтеграції Visual Studio та MS SQL Server є можливість аналізу даних у реальному часі. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни у виробничих процесах та приймати рішення, спрямовані на підвищення ефективності. Наприклад, система може виявляти аномалії у роботі обладнання та рекомендувати проведення технічного обслуговування.

Основні результати дослідження. Visual Studio – це інтегроване середовище розробки (IDE), яке підтримує широкий спектр мов програмування, таких як C#, VB.NET, C++. Воно надає розробникам інструменти для створення складних систем, включаючи засоби для роботи з базами даних, інтеграції з хмарними сервісами та розробки веб-додатків. Особливо важливим є використання бібліотек машинного навчання, таких як ML.NET, що робить його ідеальним інструментом для розробки інтелектуальних систем управління.

MS SQL Server – це реляційна система управління базами даних, яка забезпечує високу продуктивність, масштабованість та надійність. Вона підтримує індекси, транзакції, аналітичні сервіси та інтеграцію з BI-платформами, що дозволяє не лише зберігати дані, а й виконувати їхній глибокий аналіз.

У рамках дослідження розроблена інтелектуальна система управління обладнанням, яка включає такі модулі:

- Збір даних: Дані з датчиків обладнання надходять через промислові протоколи (OPC UA, MQTT) і зберігаються у MS SQL Server.

- Аналіз даних: Використовуючи ML.NET у Visual Studio, розроблено модель машинного навчання, яка прогнозує ймовірність відмов обладнання на основі параметрів, таких як температура, вібрація та час роботи.

- Візуалізація: Створено інтерактивну панель управління за допомогою ASP.NET, яка відображає стан обладнання, прогнози відмов та рекомендації щодо обслуговування.

Результати показали, що використання інтегрованих рішень на базі Visual Studio та MS SQL Server дозволяє значно підвищити ефективність управління виробничими процесами, скоротити простої обладнання та зменшити витрати на його обслуговування. Впровадження інтелектуальних систем управління на базі Visual Studio та MS SQL Server дозволяє значно зменшити витрати на обслуговування обладнання та скоротити час простоїв. Це, у свою чергу, призводить до підвищення продуктивності та збільшення прибутку підприємства.

Інтелектуальні системи управління також можуть сприяти зменшенню впливу виробництва на навколишнє середовище. Наприклад, оптимізація використання енергії та ресурсів дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин та знизити екологічний слід підприємства. Однією з головних переваг інтелектуальних систем управління є їхня гнучкість. Вони можуть адаптуватися до змін у виробничих процесах, що є особливо важливим у умовах швидкої зміни ринкових умов та технологій.

При роботі з великими обсягами даних важливо забезпечити їхню безпеку. MS SQL Server надає вбудовані механізми захисту даних, такі як шифрування та контроль доступу, що дозволяє забезпечити конфіденційність інформації. Інтелектуальні системи управління, розроблені на базі Visual Studio та MS SQL Server, є масштабованими, що дозволяє їх використовувати як на малих, так і на великих підприємствах. Це робить їх універсальним рішенням для різних галузей промисловості.

Використання стандартних протоколів та інтерфейсів дозволяє забезпечити сумісність системи з різним обладнанням та програмним забезпеченням, що спрощує процес її впровадження. Впровадження інтелектуальних систем управління дозволяє підприємствам підвищити свою конкурентоспроможність на ринку за рахунок підвищення ефективності виробництва, зниження витрат та покращення якості продукції. Незважаючи на високий рівень автоматизації, роль людини у системі залишається важливою. Оператори та інженери можуть використовувати дані, надані системою, для прийняття стратегічних рішень та покращення виробничих процесів.

Перед впровадженням системи необхідно провести ретельне тестування та валідацію, щоб забезпечити її стабільну роботу. Використання Visual Studio дозволяє проводити автоматизоване тестування, що значно скорочує час на підготовку системи до експлуатації. Для успішного впровадження системи важливо забезпечити підтримку користувачів, включаючи навчання персоналу та створення документації. Це дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з помилками у використанні системи.

Інтелектуальні системи управління можуть бути інтегровані з іншими корпоративними системами, такими як ERP та CRM, що дозволяє забезпечити комплексний підхід до управління підприємством. Одним із ключових аспектів сучасного виробництва є енергоефективність. Інтелектуальні системи управління дозволяють оптимізувати використання енергії, що призводить до зниження витрат та зменшення впливу на навколишнє середовище. Використання машинного навчання дозволяє не

лише прогнозувати відмови обладнання, а й аналізувати ринковий попит на продукцію. Це дозволяє підприємствам краще планувати виробництво та уникнути надлишкових запасів.

Visual Studio підтримує різні мови програмування, що дозволяє розробляти системи для різних регіонів та ринків. Це є особливо важливим для міжнародних компаній. Розроблена система є модульною, що дозволяє додавати нові функції та можливості без необхідності повної переробки існуючої системи. Це робить її більш гнучкою та адаптивною. Використання інтелектуальних систем управління дозволяє забезпечити дотримання міжнародних стандартів якості, таких як ISO 9001, що є важливим для виходу на міжнародні ринки.

Використання Visual Studio значно скорочує час на розробку програмного забезпечення завдяки великій кількості вбудованих інструментів та бібліотек. Це дозволяє швидше впроваджувати нові рішення на виробництві. MS SQL Server дозволяє ефективно працювати з великими обсягами даних, що є критично важливим для сучасних виробничих підприємств, які генерують мільйони записів щодня. Використання хмарних сервісів, таких як Microsoft Azure, дозволяє забезпечити зберігання та обробку даних на віддалених серверах, що підвищує надійність та доступність системи. Інтелектуальні системи управління можуть бути інтегровані з мобільними додатками, що дозволяє керівництву підприємства отримувати доступ до ключових показників у будь-який час та з будь-якого місця.

Використання більш складних алгоритмів машинного навчання дозволяє підвищити точність прогнозування відмов обладнання, що призводить до зменшення ризиків та зниження витрат. У майбутньому можна очікувати розширення функціональності інтелектуальних систем управління, зокрема через інтеграцію з штучним інтелектом для аналізу складних сценаріїв та прийняття рішень у реальному часі. Ці аспекти підкреслюють важливість інтеграції Visual Studio та MS SQL Server для розробки інтелектуальних систем управління виробництвом, що є ключовим фактором для підвищення ефективності та конкурентоспроможності сучасних підприємств.

Висновки. Інтеграція Visual Studio та MS SQL Server для розробки адаптивних систем управління виробництвом є перспективним напрямом, що поєднує сучасні технології програмування, аналізу даних та машинного навчання. Запропонована система дозволяє перейти від реактивного до проактивного управління виробництвом, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розширення функціональності таких систем, зокрема через інтеграцію з IoT-платформами, використання хмарних технологій для зберігання та обробки великих даних, а також впровадження більш складних алгоритмів машинного навчання для підвищення точності прогнозування технічних відмов. Інтеграція з IoT-платформами дозволить підключити більше обладнання та джерел даних, що збільшить точність аналізу та прогнозування. Використання хмарних технологій дозволить обробляти великі обсяги даних, що є особливо важливим для великих виробничих підприємств.

1. Петров Е.Г. Методи і засоби прийняття рішень у соціально-економічних системах. К.: Техніка, 2018. 256 с.
2. Simon Haykin. Neural networks. A Comprehensive Foundation. Second Edition. McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 2019. 1104p.
3. Hailpern, B., & Tarr, P. (2016). Model-driven development: The good, the bad, and the ugly. IBM systems journal, 45(3), 451-461.
4. Springer, Berlin, Heidelberg. Schmidt, D. C. (2016). Model-driven engineering. Computer-IEEE Computer Society, 39(2), 25.
5. Microsoft SQL Server Documentation. SQL Server Management Studio (SSMS). Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/ssms/>
6. Delaney, Kalen, Tripp, Kimberly L., Machanic, Adam, Randal, Paul S. (2012). SQL Server 2012 Internals. Microsoft Press.
7. Modern issues of EMS & Manufacturing. URL: <https://www.ttelectronics.com/blog/electronics-manufacturing/>
8. SQL Server technical documentation. Режим доступу: URL: <https://docs.microsoft.com/enus/sql/sql-server/?view=sql-server-ver16>
9. Мультипарадигмальна мова програмування URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мультипарадигмальна_мова_програмування
10. Методології та технології програмування URL: <http://moyaosvita.com.ua/informatuka/metodologii-ta-texnologii-programuvannya>

-
1. Petrov E.H. Metody i zasoby pryiniattia rishen u sotsialno-ekonomichnykh systemakh. K.: Tekhnika, 2018. 256 s.
 2. Simon Haykin. Neural networks. A Comprehensive Foundation. Second Edition. McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 2019. 1104p.
 3. Hailpern, B., & Tarr, P. (2016). Model-driven development: The good, the bad, and the ugly. IBM systems journal, 45(3), 451-461.
 4. Springer, Berlin, Heidelberg. Schmidt, D. C. (2016). Model-driven engineering. Computer-IEEE Computer Society, 39(2), 25.
 5. Microsoft SQL Server Documentation. SQL Server Management Studio (SSMS). Microsoft Learn. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/sql/ssms/>
 6. Delaney, Kalen, Tripp, Kimberly L., Machanic, Adam, Randal, Paul S. (2012). SQL Server 2012 Internals. Microsoft Press.
 7. Modern issues of EMS & Manufacturing. URL: <https://www.ttelectronics.com/blog/electronics-manufacturing/>
 8. SQL Server technical documentation. Rezhym dostupu: URL: <https://docs.microsoft.com/enus/sql/sql-server/?view=sql-server-ver16>
 9. Multyparadyhmalna mova proqramuvannia URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Multyparadyhmalna_mova_proqramuvannia
 10. Metodolohii ta tekhnolohii proqramuvannia URL: <http://moyaosvita.com.ua/informatuka/metodologii-ta-texnologii-programuvannya>