МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

НАЗАРКЕВИЧ ГАННА ЯРОСЛАВІВНА

УДК 005.5: 004.383.8(043.5)

ДИСЕРТАЦІЯ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ

12 Інформаційні технології
122 – Комп’ютерні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Г.Я.Назаркевич

Науковий керівник
Цмоць Іван Григорович,
доктор технічних наук, професор

Львів – 2024

АНОТАЦІЯ

Назаркевич Г. Я. Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (12 – Інформаційні технології). – Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2024.

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу в галузі інформаційних систем та технологій – розроблення нових і вдосконалення існуючих методів, моделей та програмно-апаратних засобів інформаційної технології адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів.

Розроблено інформаційну технологію адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів. Проведено аналіз методів та засобів адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів. Невизначеність та наявність ризиків виявлення слабких сигналів є неминучими при управлінні смарт-підприємством. Тому виникає необхідність розробити методи адаптивного управління, які би забезпечували гнучкість підприємства, його рентабельність та формування якісних даних, їх збору, обробки та збереження, застосування хмарних сховищ та технологій, використання апаратних рішень. Удосконалено методи аналізу ієрархій при побудові функцій управління смарт-підприємством.

У першому розділі "Аналіз методів, алгоритмів та засобів адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів" проаналізовано сучасні технології, які вимагають від підприємств нових рішень пов'язаних з Інтернет-Things, хмарними технологіями. Це дає змогу автоматизувати багато процесів та побудувати нові архітектурні мережі. Таким чином проектуємо підприємство з забезпеченням збору, збереженням даних та можливістю швидкого аналізу зовнішнього та внутрішнього середовища. Показано основні проблеми з якими стикається смарт-підприємство.

У другому розділі “Методи адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів” розроблено системи управління смарт-підприємством, які спрямовані на виявлення слабких сигналів та базуються на виизначенні взаємовпливів між підприємством та зовнішнім середовищем. Успішне функціонування підприємства досягається на основі лінійної та логістичної регресії з виділенням адаптивних методів управління. Удосконалено метод аналізу ієрархій, який дає можливість враховувати взаємодію та взаємозалежність зовнішніх і внутрішніх факторів впливу, здійснити їх класифікацію, кількісне оцінювання та визначити домінуючі фактори впливу на підприємство.

У третьому розділі “Система та компоненти адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів” розроблено управління смарт-підприємством на основі опрацювання у реальному часі великих обсягів інформації, які безперервно накопичуються шляхом комплексного моніторингу зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства. В основу розроблення смарт-підприємства покладене інтегрування, що ґрунтується на системному підході, який охоплює всі рівні використання об’єктів, суб’єктів інфраструктури та процесів з урахуванням вимог до конкретного застосування.

Систему автоматизованого управління смарт-підприємства було розроблено з використанням технології, яка орієнтована на компонентах, що передбачає поділ розроблення процесу на рівні з ієрархією та охоплює алгоритмічне, програмне і апаратне забезпечення. Управління з використанням виявлення слабких сигналів базується на спостереженні та своєчасному виявлені слабких сигналів, прийнятті завчасних рішень для використання знайдених можливостей, та для усунення загроз.

У четвертому розділі “Реалізація програмних засобів системи адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів” розроблено програмне забезпечення для оцінки сигналів, що впливають на смарт-підприємство. Створено базу даних системи автоматичного управління смарт-

підприємством сигналів. Було досліджено dataset, який містив дані по 950 підприємствах.

Результати прогнозування прибутку можуть сильно залежати від характеристик і якості вхідних даних. Перед використанням методів машинного навчання рекомендується провести попередню обробку даних, включаючи видалення відсутніх значень, нормалізацію або стандартизацію ознак, а також можливе видалення аномальних спостережень.

За показниками помилки методи Linear Regression і Random Forest виявилися найточнішими методами з найнижчими значеннями середньої квадратичної помилки (MSE) і середньої абсолютної помилки (MAE). Neural Network також продемонструвала добрі результати, але мала трохи вищі значення помилок порівняно з іншими методами. SVM показав менш точні результати з вищими значеннями помилок і меншою відповідністю даних. Час виконання Linear Regression став найшвидшим методом, тоді як SVM вимагав найбільше часу для обчислень. Linear Regression і Random Forest мають хороші показники між точністю і швидкістю. Метод Linear Regression надає просте пояснення через коефіцієнти, які вказують на вплив кожної ознаки на прогнозоване значення. SVM і Random Forest мають високі показники точності. Neural Network, з одного боку, забезпечує високу точність, але з іншого боку, інтерпретація його результатів може бути складнішою через використання багатьох шарів і внутрішніх зв'язків.

Ключові слова: система управління, інтелектуальна система, бізнес-аналітика, бюджетні ресурси, економіко-математична модель, смарт-підприємства, публічні інформаційні технології, ризики, атаки, цілі, прогнозування, часові ряди, оптимізація, базові моделі, пошукова система, рекомендаційні системи, оцінки експертів, управління підприємством, автоматизована система управління, інтелектуальні засоби, підтримка прийняття рішень, інтернет-магазин, смарт-системи, смарт-підприємства, публічні фінанси, поведінкові фінанси територіальні громади технології бюджетування, фінансові результати, чистий фінансовий результат, часовий ряд, економетричні методи прогнозування.

ANNOTATION

Nazarkevych H.Y. Information technology of adaptive enterprise management using weak signals. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in speciality 122 ‘Computer Science’ (12 - Information Technology) - Lviv Polytechnic National University. Lviv, 2024.

The dissertation solves an urgent scientific and applied problem in the field of information systems and technologies - the development of new and improvement of existing methods, models, software and hardware of information technology for adaptive enterprise management using weak signals.

The information technology for adaptive management of an enterprise using weak signals is developed. An analysis of methods and means of adaptive management of a smart enterprise using the detection of weak signals is carried out. Uncertainty and the presence of risks in detecting weak signals are inevitable when managing a smart enterprise. Therefore, there is a need to develop methods of adaptive management that would ensure the flexibility of the enterprise, its profitability and the formation of high-quality data at the enterprise, their collection, processing and storage, the use of cloud storage and technologies, and the use of hardware solutions. The methods of hierarchy analysis in the construction of smart enterprise management functions have been improved.

The first chapter, ‘Analysis of Methods, Algorithms and Tools for Adaptive Management of a Smart Enterprise Using Weak Signals’, analyses modern technologies that require enterprises to use new solutions related to Internet of Things and cloud technologies. This makes it possible to automate many processes and build new architectural networks. Thus, we design an enterprise to ensure data collection, storage and the ability to quickly analyse the external and internal environment. The main problems faced by a smart enterprise are shown.

In the second section, ‘Methods of adaptive management of a smart enterprise using weak signals’, the article develops management systems for a smart enterprise aimed at detecting weak signals and based on determining the interactions between the

enterprise and the external environment. The successful functioning of the enterprise is achieved on the basis of linear and logistic regression with the allocation of adaptive management methods. The method of hierarchy analysis has been improved, which makes it possible to take into account the interaction and interdependence of external and internal factors of influence, to classify them, quantify them and determine the dominant factors of influence on the enterprise.

In the third section, 'System and Components of Adaptive Management of a Smart Enterprise', the author develops management of a smart enterprise using weak signals based on real-time processing of large amounts of information that are continuously accumulated through comprehensive monitoring of the external and internal environment of the enterprise. The development of a smart enterprise is based on a systematic approach that covers all levels of integration of objects, infrastructure and processes, taking into account the efficiency requirements of a particular application.

The automated control system of a smart enterprise was developed using component-based technology, which involves the division of process development into hierarchies and includes algorithmic, software and hardware. Management using weak signal detection is based on the observation and timely detection of weak signals, making early decisions to exploit the opportunities found, or to eliminate threats.

In Chapter 4, 'Implementation of software tools for the system of adaptive management of a smart enterprise using weak signals', software for assessing signals affecting a smart enterprise is developed. A database of the system of automatic control of smart enterprise signals was created. A dataset containing data on 950 enterprises was studied. In terms of error, Linear Regression and Random Forest proved to be the most accurate methods with the lowest mean square error (MSE) and mean absolute error (MAE). Neural Network also performed well, but had slightly higher error values than the other methods. SVM performed less accurately with higher error values and a lower fit to the data. Runtime, Linear Regression was the fastest method, while SVM took the longest time to compute. Linear Regression and Random Forest have good performance between accuracy and speed. The Linear Regression method provides a simple explanation through coefficients that indicate the influence of each feature on the

predicted value. SVM and Random Forest have high accuracy rates. Neural Network, on the one hand, provides high accuracy, but on the other hand, the interpretation of its results can be more difficult due to the use of many layers and internal connections. The results of profit forecasting can strongly depend on the characteristics and quality of the input data. Before using machine learning methods, it is recommended to perform data preprocessing, including removing missing values, normalising or standardising features, and possibly removing anomalous observations.

Keywords: management system, intelligent system, business analytics, budget resources, economic and mathematical model, smart enterprises, public information technologies, risks, attacks, goals, forecasting, time series, optimization, basic models, search engine, recommendation systems, expert assessments, enterprise management, automated management system, intelligent tools, decision support, online store, smart systems, smart enterprises, public finance, behavioral finance, territorial communities, budgeting technologies, financial results, net financial result, time series, econometric forecasting methods.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Peleshchak, R. M., Lytvyn, V. V., Nazarkevych, M. A., Peleshchak, I. R., Nazarkevych, H. Y. (2024). Influence of the Symmetry Neural Network Morphology on the Mine Detection Metric. *Symmetry*, *16*(4), 485. https://www.mdpi.com/2073-8994/16/4/485.
2. Цмоць І. Г., Назаркевич Г. Я. Прогнозування прибутку підприємства на підставі адаптивного управління // Науковий вісник НЛТУ України : збірник науково-технічних праць. – 2024. – Т. 34, № 6. – С. 125–131. **DOI:** https://doi.org/10.36930/40340617.
3. Tsmots Ivan, Nazarkevych Hanna Methods of Adaptive Management of Smart Enterprise Using Weak Signals // Інформаційні системи та мережі. – 2023. – № 4. – С. 357 - 372. DOI: https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.35710.

4. Іван Цмоць, Ганна Назаркевич Побудова системи управління смарт-пдприємств з використанням слабких сигналів //Електроніка та інформаційні технології– 2023. – № 24. – С. 57 - 67. DOI: https://doi.org/10.30970/eli.24.6.
5. Назаркевич М. А., Назаркевич Г. Я. Адаптивний метод управління підприємством на основі нейронних мереж // Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. – 2023. – Вип. 1. – С. 93–99. DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-12.
6. Назаркевич М. А., Назаркевич Г. Я. Проектування захищеної інформаційної системи для створення продукту в умовах адаптації // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2022. – № 3 (15). – С. 186–195. https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.15.186195.
7. Nazarkevych, H., Nazarkevych, M., Kostiak, M., Pavlysko, A. Designing an Information System to Create a Product in Terms of Adaptation. In: Kryvinska, N., Greguš, M., Fedushko, S. (eds) Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 462. 2023.- Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25695-0_8.
8. Kostiak M., Nazarkevych M., Nazarkevych H., Moravskyi R., Shevchuk O. Study of the profitability of the enterprise based on the method of machine learning without a teacher // CEUR Workshop Proceedings. – 2022. – Vol. 3288: 2022 Workshop on cybersecurity providing in information and telecommunication systems, CPITS 2022, 13 October 2022, Kyiv, Ukraine. – P. 44–54.
9. Nazarkevych M., Lutsyshyn V., Nazarkevych H., Parkhuts L., Kostiak M. Methods of face recognition in video sequences and performance studies // CEUR Workshop Proceedings. – 2023. – Vol. 3421: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems 2023, Kyiv, Ukraine. – P. 246–253. https://ceur-ws.org/Vol-3421/short11.pdf.
10. Nazarkevych H., Tsmots I., Nazarkevych M., Oleksiv N., Tysliak A., Faizulin O. Research on the effectiveness of methods adaptive management of the enterprise's goods sales using machine learning methods // IEEE 17th International

conference on computer science and information technologies: proceedings, 10–12 November 2022, Lviv, Ukraine. – 2022. – С. 539–542.

11. Nazarkevych M., Nazarkevych H., Moravskyi R., Kostiak M., and Shevchuk O. Study of the Profitability of the Enterprise based on the Method of Machine Learning without a Teacher *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3288 : Proceedings of the Workshop on Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems (CPITS 2022) co-located with International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PICST 2022). Kyiv, UkraineP. 44–54. https://ceur-ws.org/Vol-3288/paper5.pdf.
12. Nazarkevych M., Nazarkevych H., Hrytsyk V., Tsmots I. Development of multimedia printing documents protected on the basis of the moir effect // Digitalization and information society. Selected issues: колективна монографія / – Katowice: Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. – p.302-312 https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/ 123456789/88788/1/ Melnyk_informatization.pdf;jsessionid=1142F7DA29993068033B23258987BC09.
13. Nazarkevych M., Lytvyn V., Nazarkevych H. Systen with adaptive management of the firm determination of profit using deep learning and formation of protected data // Modern approaches to ensuring sustainable development: колективна монографія /– Katowice: The University of Technology in Katowice Press, 2023. – 698 с. http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/33ba92a74a7c70f8ce3859b114f45150.pdf.
14. Назаркевич Г. Я., Цмоць І. Г., Назаркевич М. А. Дослідження управління інноваційними підприємствами методами аналізу даних // Автоматика, комп’ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції АКІТ-2022 (Кропивницький, 10-11 листопада 2022 р.). – 2022. – С. 56–58.
15. Назаркевич Г. Я. Управління підприємством методами аналізу даних. Сучасні аспекти інженерії програмного забезпечення : збірник тез доповідей

учасників Першої міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 14 грудня 2023 р.). 2023. С. 129.

16. Nazarkevych H. IoT architecture for adaptive smart enterprise management. Інженерія програмного забезпечення і передові інформаційні технології: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених та студентів (Київ, 21-23 травня 2024 р.). 2024. С. 106–108.

ЗМІСТ

ВСТУП 14

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ, АЛГОРИТМІВ І ЗАСОБІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ 20

1.1. Індустрія 4.0 та сучасні підприємства 20

1.2 Технології Інтернету Речей 24

1.4. Технології збору, збереження та аналізу даних 26

1.5. Методи виявлення слабких сигналів на смарт-підприємстві 28

1.6. Аналіз технологій штучного інтелекту та обробки великих даних 30

1.7. Системи підтримки прийняття рішень 43

1.8.Загальні вимоги та основні напрями вдосконалення методів і засобів управління смарт-підприємствами 46

1.9.Висновки до розділу 1 47

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ 49

2.1. Розроблення методу виявлення слабких сигналів 49

2.2. Удосконалення методу аналізу ієрархій 55

2.3. Розроблення методу адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів 69

2.4. Етапи реалізації методу адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів 71

2.5. Нейромережевий метод прогнозування стану смарт-підприємства Адаптивний метод управління підприємством на основі нейронних мереж 72

2.6. Висновки до розділу 2 81

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ТА КОМПОНЕНТИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ 82

3.1. Вимоги та принципи розробки системи адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів 82

3.2. Компонентно-орієнтована технологія розроблення САУ смарт-підприємством 84
3.3. Виділення рівнів та види інтеграції при розробці САУ смарт-підприємством 86
3.4. Розроблення структури САУ смарт-підприємством 97
3.5. Розроблення пристроїв IoT для збору даних 99
3.6. Розроблення компонент збереження даних 100
Висновки до розділу 3 102
РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ 104
4.1. Створення програмних засобів виявлення слабких сигналів для адаптивного управління смарт-підприємством 104
4.2. Розроблення бази даних САУ смарт-підприємством 108
4.3. Розроблення засобів опрацювання даних 117
4.4. Розроблення програмних засобів прогнозування стану смарт-підприємства 120
4.6. Висновки до розділу 4 131
ВИСНОВКИ 133
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 135
ДОДАТКИ 147
Додаток 1. Список публікацій здобувача за темою дисертації 147
Додаток 2. Акти впроваджень дисертації 153

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Internet of Things - IoT

Система адаптивного управління – САУ

Метод аналізу ієрархій - MAI

K-Nearest Neighbours – KNN

Метод опорних векторів – SVM

Середньо квадратична помилка - MSE

Середня абсолютна помилка – MAE

Система підтримки прийняття рішень – СППР

Множинна лінійна регресія – МЛР

Індекс узгодженості - ІУ

Система управління – СУ

Система управління і взаємодією з клієнтами – CRM

Система управління виробництвом – MES

Управління ланцюгом постачання – SCM

Метод найменших квадратів - МНК

Штучний інтелект – AI

Валовий внутрішній продукт - ВВП

ВСТУП

Актуальність теми. Активний розвиток підприємств спричинений розвитком інформаційних технологій та появою нових інформаційних засобів для управління. Поява Індустрії 4.0 створила нові критерії для визначення конкурентоздатних підприємств. Складність управління тепер визначається кількістю рішень, які потрібно прийняти; даних, які необхідно врахувати, а також часу, що виділяється для виконання цих задач. Створення програмних рішень та інформаційних технологій для пришвидшення цього процесу суттєво впливають на конкуретоздатність підприємства. Врахування великих даних, які виникають у процесі розв'язання задачі вимагає використання комплексних підходів до їх збору, опрацювання та збереження, застосування хмарних сховищ та технологій, використання апаратних рішень. Розробка нових методів для прогнозування стану підприємства після ухвалення рішення також є важливим елементом розвитку підприємства. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває задача створення інформаційних технологій, що дозволять ухвалювати рішення з врахуванням змін внутрішніх та зовнішніх чинників.

Для створення системи автоматизованого управління підприємством потрібно реалізувати збір, збереження та опрацювання різноманітної інформації на основі сховищ даних. Необхідно на основі цих даних визначити сигнали впливу на підприємство, реалізувати візуалізацію інтегрального сигналу впливу. Також важливим етапом є прогнозування стану підприємства у результаті прийнятих рішень, а також реалізація можливого втручання керівника та групи експертів в управлінські рішення. Процес прийняття рішень при такому виді управління буде найбільш швидким, дозволить реагувати на зовнішні та внутрішні зміни та є адаптивним.

З наведеного випливає, що розроблення системи управління смарт-підприємством доцільно здійснювати на основі відомих підходів для збереження, опрацювання великих даних, алгоритмів аналізу даних, а також компонентно-

орієнтованої технології, яка дозволяє на кожному рівні вибрати сучасні методи та засоби для реалізації певних процесів.

Розроблена у дисертаційній роботі інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів ґрунтується на напрацюваннях відомих вчених, які створили теоретичні та практичні засади її побудови, зокрема Теодороса Євгеніуса (Theodoros Evgeniou), Стен Брігнал (Stan Brignall), Джоан Баллантайн (Joan Ballantine) Драган Я. П. та інші.

Отже, актуальною науковою задачею є розроблення нових та вдосконалення існуючих методів, моделей та засобів інформаційної технології адаптивного управління у реальному часі з використанням слабких сигналів для підвищення ефективності управління підприємством.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційне дослідження проводилось згідно з планами науково-дослідних та навчальних робіт кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка», у тому числі в межах держбюджетних науково-дослідницьких робіт:

1. Науково-дослідна робота «Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управлінням та захистом передачі даних» (ДБ/Нейроробот, номер державної реєстрації 0122U000891), термін виконання 2022-2023, замовник Міністерство освіти і науки України.

2. Науково-дослідна робота “Експериментальна система нейромережевого криптозахисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів” (ДБ/Нейрошифр, номер державної реєстрації 0121U109503), термін виконання 2021-2022, замовник Міністерство освіти і науки.

3. Науково-дослідна робота «Методи та засоби нейронечіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ» (ДБ/Нейрогрупа номер державної реєстрації 0123U101688), термін виконання 2023-2024, замовник Міністерство освіти і науки України.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення нових і вдосконалення існуючих методів, моделей та засобів інформаційної технології адаптивного управління у реальнму часі з використанням слабких сигналів для підвищення ефективності управління підприємством.

Для досягнення поставленої мети передбачено розв'язання таких завдань:

1. аналіз методів, алгоритмів і засобів адаптивного управління підприємством з використанням виявлення слабких сигналів;
2. розроблення інформаційної технології адаптивного управління підприємством у реальному часі з використанням слабких сигналів;
3. розроблення методу виявлення слабких сигналів для підприємства;
4. вдосконалення методу обчислення показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності;
5. вдосконалення методу адаптивного управління підприємством у реальному часі;
6. розроблення засобів виявлення слабких сигналів для підприємства;
7. розроблення засобів прогнозування стану підприємства.

Об’єктом дослідження є процеси прийняття автоматизованих адаптивних рішень у смарт-підприємстві з урахуванням даних внутрішнього та зовнішнього середовища.

Предметом дослідження є моделі, методи, алгоритми та програмно-апаратні засоби інформаційної технології автоматизованого адаптивного управління підприємством.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використано: методи компонентно-орієнтованої технології для розроблення системи адаптивного управління смарт-підприємством; метод аналізу ієрархій – для знаходження основних факторів впливу; таблично-алгоритмічний метод – для обчислення інтегрального сигналу впливу на підприємство; теорію та методи збереження даних, теорію автоматизованого проектування та автоматизації процесу

програмування – для розроблення апаратно-програмних засобів інформаційної технології адаптивного управління підприємством методом слабких сигналів.

Наукова новизна отриманих результатів. За результатами дисертаційного дослідження вирішено актуальну наукову задачу — розроблення нових та вдосконалення існуючих методів і моделей та засобів інформаційної технології адаптивного управління у реальному часі з використанням слабких сигналів для підвищення ефективності управління підприємством. При цьому отримано такі результати:

вперше розроблено:

- інформаційну технологію адаптивного управління підприємством у реальному часі з використанням слабких сигналів, яка ґрунтується на зібраній інформації про оточуюче середовище, оцінюванні факторів впливу на підприємство, обчислені показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності, методі виявлення слабких сигналів, прогнозуванні стану підприємства, яке забезпечує високу чутливість з урахуванням змін у навколишньому середовищі і підвищує ефективність управління підприємством;
- метод розпізнавання слабких сигналів, який за рахунок співставлення допустимої величини з різницею між знайденими та прогнозованими значеннями показника впливу на смарт-підприємство на основі інтегральної залежності забезпечує раннє виявлення загроз або можливостей для смарт-підприємства;

вдосконалено:

- метод обчислення показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності, який за рахунок врахування ієрархічної взаємодії та взаємозв'язку усіх груп і факторів, що впливають на підприємство забезпечує комплексне оцінювання його стану в заданий момент часу;
- метод адаптивного управління підприємством у реальному часі, який за рахунок прогнозування та аналізу можливих наслідків реалізації управлінських рішень забезпечує підвищення ефективності управління підприємством.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблена інформаційна технологія адаптивного управління смарт-підприємства з використанням слабких сигналів дає змогу:

- комплексно оцінити стан підприємства в заданий момент часу;
- збільшити час на прийняття управлінських, за рахунок раннього виявлення загроз, або, можливостей для підприємства;
- підвищити ефективність управління підприємством.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною науковою працею, в якій автором особисто розроблена нова інформаційнна технологія, що дозволила вирішити наукове завдання розроблення нових і вдосконалення існуючих методів, моделей та програмно-апаратних засобів інформаційної технології адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів.

Робота містить теоретичні і прикладні положення та висновки, сформульовані дисертантом особисто. Ідеї, положення чи гіпотези інших авторів, які присутні в дисертації, мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей та результатів здобувача.

Всі наукові результати теоретичних і практичних досліджень, викладених у дисертації, одержано автором особисто. Праці [15] і [16] опубліковані одноосібно. У працях опублікованих у співавторстві, здобувачеві належать: програмне забезпечення, результати, методи та експерименти.

Апробації результатів дисертації доробити. Основні теоретичні положення та практичні результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювались на: першій міжнародній науково-практичній конференції “Сучасні аспекти інженерії програмного забезпечення”, Modern aspects of Software Engineering, (м. Київ, 14 грудня 2023 р.), міжнародній науково-технічній конференції АКІТ-2022 (Кропивницький, 10-11 листопада 2022 р.), IEEE 17th International conference on computer science and information technologies, CSIT 2022, (10–12 November 2022, Lviv, Ukraine 2022, VI Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених та студентів (Київ, 21-23 травня 2024 р.), Workshop on cybersecurity providing in information and telecommunication systems, CPITS 2022 (13 October 2022,

Kyiv, Ukraine, Workshop on cybersecurity providing in information and telecommunication systems 2023, CPITS 2023 (28 February 2023, Kyiv, Ukraine).

Публікації. У 16 наукових публікаціях повністю відображений основний зміст дисертації, з них отримано науковий доробок у вигляді опублікованих 5 статей — у наукових фахових періодичних виданнях України; 1 стаття — у науковому періодичному виданні іншої держави (Scopus, Q1), 5 публікацій в наукових виданнях, що включені до наукометричних баз (Scopus, Q4) 3 публікації — у матеріалах міжнародних та всеукраїнських наукових, науково-технічних конференцій та 2 розділи колективної монографії.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку скорочень, вступу, чотирьох основних розділів. Робота викладена на 157 стр., в яких міститься 65 рисунки та 2 таблиці, списку використаних джерел з 115 найменувань та 2 додатки.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ, АЛГОРИТМІВ І ЗАСОБІВ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ

1.1. Індустрія 4.0 та сучасні підприємства

Аналіз сучасних смарт-підприємств [1] полягає у детальному описі їхніх основних переваг, характеристик, завдань викликів і трендів. Смарт-підприємства - це компанії, які використовують інтеграцію між мануфактурою нових товарів та різноманітними інформаційними технологіями, таким як Інтернет речей (IoT) [2]. штучний інтелект (AI), машинне навчання, аналіз даних та автоматизація, для оптимізації своїх операцій та структури, підвищення продуктивності та забезпечення конкурентоспроможності та клієнтоорієнтованості [3].

З розвитком технологій змінювались методи організації підприємництва та рівні його автоматизації. Як показано на рис. 1.1 існують чотири етапи історичного розвитку ведення промислової діяльності. Теперішній етап - Індустрії 4.0 застосовує впровадження IoT (див. рис.1.1) та дозволяє організувати розумне підприємство [4].

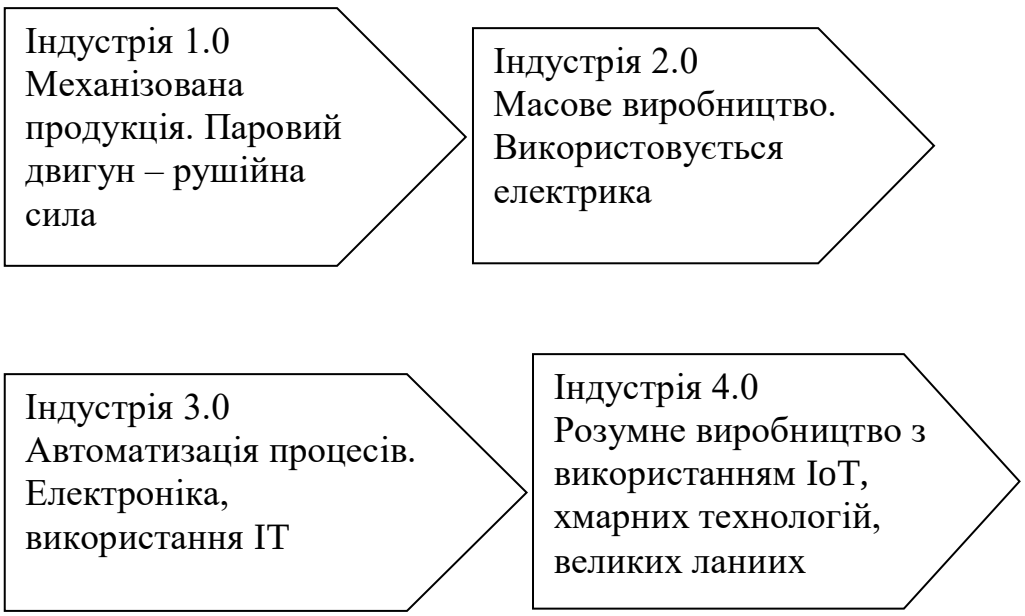


Рис. 1.1. Етапи розвитку підприємств

Основні переваги введення технологій смарт-підприємств[5]:

- Оптимізація процесів: Застосування інформаційних технологій дозволяє смарт-підприємствам збільшити прибуток, зменшити час виробництва, вдосконалити виробничі процеси.
- Покращена аналітика: Збір і аналіз даних в режимі реального часу дозволяє підприємствам приймати обґрунтовані рішення, прогнозувати тенденції та адаптовуватися до змін.
- Підвищена продуктивність: Автоматизація завдань і операцій дозволяє співробітникам фокусуватися на більш складних завданнях, що підвищує продуктивність праці.
- Зменшення ризиків: Аналіз даних та моніторинг допомагають зменшити ризики виробничих аварій та збоїв у роботі.
- Покращене обслуговування клієнтів: Смарт-технології дозволяють підприємствам покращити клієнтський сервіс, надавати персоналізовані послуги та вдосконалювати комунікацію.

Виклики смарт-підприємств [5]:

- Кібербезпека: Зростання кількості доданих пристроїв може збільшити ризик кібератак та витоків даних.
- Приватність даних: Збір великої кількості даних може породжувати питання щодо конфіденційності та збереження особистої інформації.
- Вартість впровадження: Реалізація смарт-технологій може бути дорогим заходом, особливо для менших підприємств.
- Сприйняття персоналом: Впровадження нових технологій може вимагати навчання та перепідготовки персоналу, що може бути трудомістким.
- Відсутність відповідних кадрів
- Проблеми Big data [6]

Тренди в смарт-підприємствах:

- Широке використання технологій Інтернету речей (IoT) [7]: підключення все більшої кількості різноманітних пристроїв дозволяє збирати більше даних та впроваджувати нові функціональності.
- Штучний інтелект (AI) [8] та аналіз даних: знаходження цінних інсайтів для прийняття рішень – це результат застосування AI для аналізу великих обсягів даних.
- Автоматизація та роботизація [9]: впровадження автоматизованих систем та роботизація підприємства допомагає уникнути зайвих витрат на робочу силу та збільшити ефективність виробництва.
- Еко-технології [10]: смарт-підприємства все більше звертають увагу на екологічні аспекти та впроваджують енергоефективні рішення. Розумні міста та інфраструктура: Розвиток смарт-технологій впливає на розбудову міст та інфраструктури, поліпшуючи життя мешканців.

Аналіз сучасних систем адаптивного управління в контексті смарт-підприємств може включати огляд ключових тенденцій, технологій та підходів, які впливають на спосіб функціонування сучасних підприємств. Ось деякі аспекти, які варто розглянути:

- Інтернет речей (IoT) та сенсори [7]: системи адаптивного управління на смарт-підприємствах часто базуються на зібраних даних з IoT-пристроїв та сенсорів. Це дозволяє отримувати в реальному часі інформацію про стан обладнання, виробничих процесів, складського управління тощо.
- Аналітика даних: збір великого обсягу даних вимагає ефективної аналітики для винесення інформативних рішень. Системи адаптивного управління використовують аналітику для прогнозування попиту, виявлення аномалій, оптимізації ресурсів та управління ризиками.
- Штучний інтелект та машинне навчання [11]: Системи адаптивного управління [12] можуть використовувати AI для автоматичного прийняття рішень на основі зібраних даних. Машинне навчання дозволяє інтелектуальним системам навчатися та вдосконалювати свої рішення з часом.

- Роботизація та автоматизація [13]: На смарт-підприємствах роботизація та автоматизація процесів дозволяють ефективніше виконувати повторювані завдання, знижуючи витрати і збільшуючи продуктивність.
- Системи управління виробництвом (MES) [14] та управління ланцюгом постачання (SCM): Інтеграція MES та SCM допомагає забезпечити оптимальний рівень виробництва та постачання відповідно до зміни попиту та умов.
- Цифрові платформи та екосистеми [15]: Смарт-підприємства можуть базуватися на цифрових платформах, які об’єднують різноманітні процеси та стейкхолдери у єдину екосистему. Це сприяє кращому обміну даними та співпраці між різними галузями.
- Гнучкі методології управління [16]: Сучасні системи адаптивного управління часто використовують гнучкі методології, такі як Scrum або Kanban, щоб швидко реагувати на зміни та впроваджувати інновації.
- Безпека та конфіденційність [17]: З увімкненими IoT-пристроями та збільшеною кількістю підключень, безпека та захист даних стають надзвичайно важливими аспектами для смарт-підприємств.
- Стратегічне управління змінами. Оскільки смарт-підприємства стикаються зі значними змінами в процесах та технологіях, стратегічне управління змінами є ключовим для успішної імплементації адаптивних систем управління.

Аналізуючи ці аспекти, можна побачити, що сучасні системи адаптивного управління в смарт-підприємствах прагнуть до більшої гнучкості, ефективності та інноваційності, сприяючи вдосконаленню виробничих процесів та результатів бізнесу [18].

Основні рівні структури системи адаптивного управління смарт-підприємства можуть бути наступними:

Рівень збору даних та спостереження: На цьому рівні здійснюється збір даних з різноманітних джерел на підприємстві, таких як сенсори, додатки, IoT-пристрої тощо. Ці дані допомагають відстежувати стан процесів, ресурсів та інших ключових показників. Слабкі сигнали [19], які можуть вказувати на потенційні зміни або виклики, також можуть бути виявлені на цьому рівні.

- Рівень аналізу та виявлення змін [20]. На цьому рівні здійснюється аналіз зібраних даних з метою виявлення змін, тенденцій та можливих проблем. Використовуючи методи аналізу даних, статистики та машинного навчання, система може виділити слабкі сигнали серед великої кількості інформації.
- Рівень розуміння контексту та прогнозування: На цьому рівні інтерпретуються результати аналізу, вивчається контекст змін та зберігаються виялені сигнали. Використовуючи інтелектуальний аналіз та моделі економетричних методів прогнозування, система може намагатися передбачити можливі впливи та наслідки змін.
- Рівень прийняття рішень та стратегічного планування [21]. На цьому рівні базуючись на виявлених сигналах та прогнозах, виробляються стратегічні рішення щодо подальшого розвитку підприємства. Враховуються можливі ризики, можливості та альтернативні шляхи дії.
- Рівень реалізації та контролю [22]. На цьому рівні виконуються планові дії, зміни та ініціативи, які були визначені на попередньому рівні. Проводяться спостережння за їхнім виконанням та відстежується результативність.
- Рівень навчання та адаптації [30]. Цей рівень включає здатність системи навчатися на основі результатів своїх дій та взаємодій з навколишнім середовищем. Відбувається постійна адаптація до нових умов, проводиться аналіз результатів прийнятих рішень та внесення коректив у стратегію.

Ці рівні створюють ієрархічну структуру, яка допомагає системі ефективно адаптуватися до змін та використовувати слабкі сигнали для покращення процесів управління на смарт-підприємстві.

1.2 Технології Інтернету Речей

Вперше термін Інтернет Речей був застосований у 2009 році Кевін Ештоном [24], інженером, який вперше намагався впровадити радіочастотну ідентифікацію у керування ланцюгами поставок P&G. Хоча перші технології, що дозволяли реалізувати технологію інтернету речей з’явились ще у 1982 році в університеті

Карнегі-Меллон, де встановили машину з кока колою [25], що підтримувала їх температуру й аналізувала наявність напоїв.

Інтернет речей [26] – це технологія, що дозволяє об’єднати девайси, сенсори в одну мережу, збирати дані, аналізувати їх, та відправляти опрацьовані дані на відповідні пристрої. Не існує стандартизованого протоколу для створення системи, що працюватиме ефективно [27]. Проте виділяють три рівні, які потрібно реалізувати для кожної “речі” з інтернету речей. Перший - це інформаційна модель, що показує властивості цього смарт-об’єкту [7]. Вибір протоколів та інших рішень стосуються другого рівня – software [28]. На рівні hardware [29] вибираємо як реалізовувати попередньо вибрані протоколи.

Розрізняють такі види можливої комунікації цих об’єктів:

- Пристрій-пристрій через локальну мережу [30]. Недоліком цього методу є надлишкова робота програміста, у випадку коли девайси мають різні інформаційні моделі. Наприклад, для того, щоб з’єднати телефон з навушниками різних виробників, потрібно розробляти нове програмне забезпечення. Безпека залежить від якості з’єднання.
- Пристрій-хмара [31]. Пристрій з’єднується з хмарним сервісом, що надає певні результати виконання операцій. Недоліком цього методу є вимога наявності стабільного інтернет-зв’язку для всіх пристроїв, що не завжди можливо.
- Пристрій-шлюз-хмара [32]. Пристрій з’єднується з іншим пристроєм-шлюзом, який доєднується до мережі для передачі інформації в хмарні сервіси. Цей метод вимагає наявність інтернет-зв’язку лише для шлюзу.
- Пристрій-шлюз [33]. Пристрій з’єднується з іншим пристроєм-шлюзом, де відбувається опрацювання всіх даних.

При створенні IoT рішення розробники програмного забезпечення стикаються з наступними проблемами. Відсутність чітких архітектурних вимог чи рекоменацій для IoT систем негативно впливає на якість розробки. На початку роботи не зрозуміло, яка повинна бути характеристика пристроїв, скільки пам’яті потрібно виділити, який процесор використовувати. Переробка програмного

рішення для нових характеристик пристроїв потребує додаткового часу та ресурсів. Бюджет для створення IoT системи складно обчислити у зв’язку з вище згаданою проблемою. Для подальшої підтримки смарт-системи потрібно реалізувати оновлення, які не завжди можуть функціонувати на старих пристроях. IoT системи не завжди легко масштабовані. Безпека пристроїв вимагає реалізації багатьох додаткових протоколів для кожного окремого пристрою. Кожен пристрій – навіть найменший, вимагає створення свого з’єднання з шлюзом чи хмарою. Існує вразливість рекомендаційної системи до фізичних атак чи перешкод.

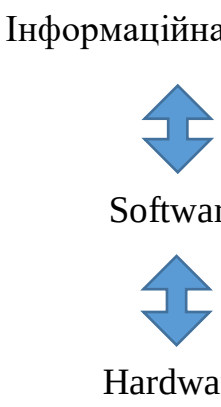


Рис. 1.2 Рівні IoT системи

1.4. Технології збору, збереження та аналізу даних

Збір та збереження технологічних і стратегічних даних - це важлива задача для забезпечення ефективного управління підприємством та прийняття обґрунтованих рішень. Для цього можна використовувати різноманітні інформаційні та аналітичні інструменти. Розглянемо деякі з них:

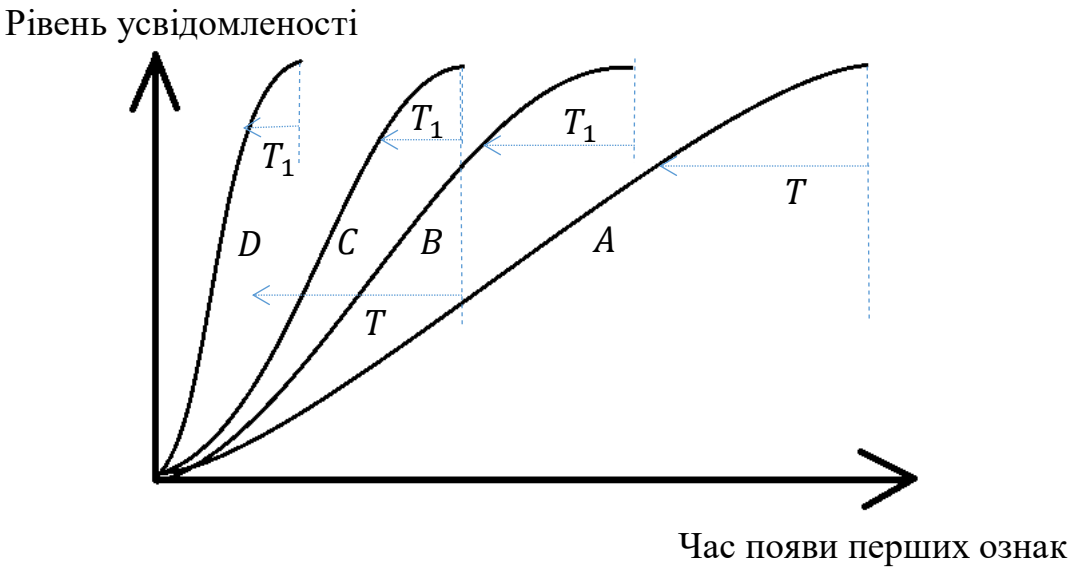
- Системи управління виробництвом [34]. Місцеві системи управління виробництвом дозволяють збирати, аналізувати та контролювати дані на рівні виробничих ліній, машин і обладнання. Вони допомагають моніторити ефективність виробництва, виявляти збої та оптимізовувати процеси.
- Системи підтримки прийняття рішень (СППР) [35]. Ці системи допомагають керівництву збирати та аналізувати дані для формування стратегічних рішень.

Вони можуть включати аналітичні засоби, економетричні методи прогнозування та моделювання сценаріїв.

- Системи інтернету речей [36]. За допомогою сенсорів та підключених пристроїв можна збирати дані з усього підприємства - від виробничого обладнання до логістики. Це дозволяє отримати реальний час інформації про стан об’єктів та процесів.
- Системи управління взаємодією з клієнтами (CRM системи) [37]. Для стратегічного аналізу важливі також дані про клієнтів. CRM-системи допомагають збирати і аналізувати дані про взаємодію з клієнтами, що дозволяє вдосконалювати продукти та послуги.
- Системи аналізу даних [38]. Ці системи дозволяють об’єднувати, агрегувати та аналізувати дані з різноманітних джерел. Також вони можуть використовувати технології штучного інтелекту, машинного навчання та аналізу даних для виявлення корисних зв’язків та розроблення закономірностей.
- Системи аналізу тексту (Sentiment Analysis) [39]. Для збору стратегічної інформації також можна аналізувати відгуки клієнтів, тексти в соціальних мережах та засобах масової інформації, щоб зрозуміти загальний настрій і думки про компанію та її продукти.
- Системи аналізу конкурентної інформації [40]. Для стратегічного планування важливо аналізувати дії конкурентів. Інструменти аналізу конкурентної інформації допомагають відстежувати дії конкурентів на ринку.
- Системи управління [41]. Для реалізації стратегічних ініціатив важливо ефективно управляти проектами. Такі системи допомагають планувати, виконувати та контролювати проекти.
- Бізнес-аналітика [42]. Застосування аналітичних методів і засобів для вивчення тенденцій, виявлення прогалин та можливостей даних підприємства. Важливо розробити імплементаційну стратегію для вибраних засобів, яка враховуватиме особливості підприємства, його мету та завдання. Також потрібно забезпечити захист і конфіденційність зібраних даних, особливо коли йдеться про стратегічну інформацію.

1.5. Методи виявлення слабких сигналів на смарт-підприємстві

І. Ансофф у своїй праці [43] ввів поняття стратегічного менеджменту, слабких та сильних сигналів.



Нормальне реагування- T
Надзвичайна ситуація- T_1
Періодичне плануванні - A
Управління при сильних сигналах- B
Управління при слабких сигналах- C
Управління при слабких сигналах- D

Рис. 1.3. Стратегії реагування підприємства на сигнали впливу

Залежно від типу сигналу: незначний, слабкий, сильний, надзвичайна ситуація він виділяв різні стратегії реагування, як показано на рисунку 1.3. У цій роботі розглядаються слабкі сигнали, та адаптивна стратегія реагування, що дозволяє перерозподілити бюджетні ресурси для покращення роботи підприємства. В результаті залучення груп експертів з різних історичних, політичних, економічних, соціальних факторів впливу можна було оцінити стратегію підприємства.

У сучасних підприємствах не обов'язково залучати експертів, достатньо використовувати наявні джерела інформації. Зокрема, можна використовувати моніторинг соціальних мереж [44]. Аналіз публікацій, коментарів та обговорень

може допомогти виявити популярні теми, настрої громадськості та відгуки про розроблений продукт підприємства або послугу. Аналіз новин та медіа необхідні для проведення аналізу новин, статей та публікацій в медіа. Це дає можливість розпізнати нові тенденції та зміни щодо впливу на підприємство.

Моніторинг конкурентів дозволяє аналізувати діяльність конкурентів, оскільки їхні дії можуть давати нові дані які змін, які відбуваються в галузі. Внутрішні джерела інформації [45], такі як звіти, аналітика продажів, зворотний зв'язок від клієнтів, можуть виявити сигнали про зміни. Аналітика даних [46] або бізнес-аналітика теж є джерелом виявлення слабких сигналів на підприємстві. Використання аналітики даних дозволяє виявити тенденції та залежності, які можуть бути неочевидними при перших наближеннях.

Подібно до методу Ангофа можна використовувати оцінки експертів [47]. Проведення опитувань або інтерв'ю з експертами галузі може допомогти виявити їхні прогнози та думки щодо майбутніх перетворень.

Системи раннього попередження [48], які є джерелом інформації про потенційні кризи можна також використовувати як засіб виявлення слабких сигналів. Встановлення систем, які автоматично моніторять ключові показники та надають дані про зміни, що може бути ефективним способом для виявлення слабких сигналів.

Аналіз великих обсягів даних [49], а саме використання спеціалізованих інструментів та алгоритмів для опрацювання великих обсягів даних можуть виявитися у патернах та залежностях, які важко побачити з першого погляду.

Експерименти та інновації [50] - активне впровадження нових ідей та ініціатив дозволяє виявляти нові можливості та отримувати відгуки в реальному часі.

Метод сценаріїв [51], прогнозування майбутнього стану допомагає помітити появу слабких сигналів. Створення різних сценаріїв майбутнього розвитку може допомогти виявити сигнали, які вказують на те, який сценарій стане більш працездатним.

1.6. Аналіз технологій штучного інтелекту та обробки великих даних

Для управління підприємством активно застосовуються системи штучного інтелекту. А саме вони дозволяють ефективно прогнозувати прибуток, що є складовою в управлінні підприємством. Прогнозування прибутку є однією з найважливіших задач [52].

Надійні і точні прогнози дозволяють компаніям планувати свою діяльність, визначати цілі та стратегії розвитку. У зв'язку з цим, усе зростає популярність використання нейронних мереж для прогнозування прибутку.

Нейронні мережі є одним з ключових інструментів машинного навчання, які дозволяють проводити аналіз великих обсягів даних та розпізнавати складні залежності між різними факторами. Для прогнозування прибутку за допомогою нейронних мереж, необхідно зібрати дані про різні ситуації, які можуть впливати на прибуток, такі як обсяг продажів, ціни, витрати на виробництво, публічні фінанси та їх числові значення, рівень конкуренції, рівень інфляції та інші.

Після того, як дані зібрані, вони передаються в нейронну мережу, яка навчається на цих даних і шукає складні залежності між факторами та прибутком. Для тренування мережі використовуються різні методи, такі як зворотне поширення помилки, алгоритми градієнтного спуску та інші.

Після того, як мережа навчилася на даних, її можна використовувати для прогнозування прибутку на основі нових даних, що надходять у режимі реального часу. Для цього вводяться нові значення факторів, що впливають на прибуток, і мережа видає прогнозований прибуток. Цей процес може бути автоматизований, це дозволяє компаніям ефективно планувати свою діяльність та планувати стратегію розвитку.

Однією з переваг використання нейронних мереж для прогнозування прибутку є їхній високий рівень точності. Нейронні мережі можуть розпізнавати складні залежності між різними факторами та прибутком, що дозволяє здійснювати точні прогнози навіть у складних ситуаціях. Крім того, нейронні мережі можуть працювати з величезними обсягами даних, що робить їхнє використання ефективним для потужних компаній з великою кількістю клієнтів та операцій.

Однак, використання нейронних мереж також має свої недоліки та виклики. Один з головних викликів - це підготовка та опрацювання даних, які потрібні для навчання мережі. Щоб досягнути точних результатів, необхідно мати якісні дані, а це може займати великий проміжок часу та зусилля на їх збір та підготовку. Крім того, нейронні мережі можуть бути складними та вимагати значних обчислювальних ресурсів, що може бути викликом для компаній з обмеженими бюджетами.

Незважаючи на ці фактори, використання нейронних мереж для прогнозування прибутку стає все більш популярним в сучасному бізнесі. Це дозволяє компаніям покращувати свої стратегії та планувати свою діяльність більш ефективно, що може призвести до зростання їхнього прибутку та конкурентоспроможності.

У підсумку, використання нейронних мереж для прогнозування прибутку є важливим інструментом для сучасного бізнесу. Це дозволяє компаніям управляти ризиками та покращувати стратегії. Застосування нейронних мереж для прогнозування чистих фінансових результатів стає все більш популярним, тому що вони забезпечують високу точність та можливість розпізнавання складних залежностей між різними факторами та прибутком.

У сучасному світі, де конкуренція велика, важливо мати ефективні інструменти для планування та управління бізнесом. Використання нейронних мереж для прогнозування прибутку дозволяє компаніям бути більш гнучкими та ефективними у своїй діяльності, що може призвести до зростання прибутку та конкурентоспроможності.

Отже, використання нейронних мереж для прогнозування прибутку є важливим інструментом для планування та управління бізнесом у сучасному світі. Незважаючи на виклики, пов'язані з обробкою та підготовкою даних, це може призвести до покращення ефективності діяльності компаній та зростання їхнього прибутку.

Навчання з підкріпленням – це процес навчання на даних, та прив'язування ситуацій до певних дій. При навчанні з підкріпленням існує агент навчання та

система навчання. У більшості парадигм машинного навчання агенту навчання повідомляється, які дії повинні бути вжиті для досягнення певних результатів. У разі навчання з підкріпленням агент не отримує жодних повідомлень про це. Натомість він повинен самостійно виявити, які дії принесуть найбільшу вигоду, використовуючи їх по черзі. Зазвичай його дії впливають як на безпосередню вигоду, так і на подальшу ситуацію. Це означає, що наслідки дій будуть позначатися також на результуючу вигоду всіх інших.

Будь-який метод навчання, що дозволяє вирішити поставлене завдання, є методом навчання із підкріпленням. Навчання з підкріпленням має дві особливості. Агент навчання використовує ці дві особливості для того, щоби вчитися на наслідках своїх дій.

В даний час на навчанні з підкріпленням [53] сфокусовані багаточисельні дослідження. Процес навчання з вчителем - це навчання на конкретних даних (див. рис.1.4). Агент мав би вчитися на власному досвіді та взаємодіяти із невідомими даними. Розглянемо ту частину, коли агент повинен взаємодіяти з новим оточенням для того, щоб навчатися. Оточення може бути великим, і в більшості випадків неможливо досліджувати всі можливі операції. Агент повинен навчатися на обмеженому досвіді або чекати, доки не дослідить додаткові можливості. Це одна з основних проблем навчання з підкріпленням. На користь отримання найбільшої вигоди агент повинен віддавати перевагу діям, які вже були використані і результат яких є добре відомий. Але для того, щоб отримати найбільш оптимальні дії, він повинен продовжити випробування нових дій. Упродовж багатьох років дослідники інтенсивно вивчали питання досягнення компромісу між дослідженням та використанням нових можливостей.

Рис. 1.4. Типовий агент навчання з підкріпленням

Типовий агент навчання з підкріпленням проходить через наступні етапи - це дія та винагорода за виконану дію. Існує набір станів, пов'язаних з агентом та середовищем.

Існують стратегії підтримки прийняття рішень щодо того, які дії повинні виконуватися. Ці стратегії грають роль функцій прийняття рішень. Агент приймає рішення про дії на підставі попереднього етапу. У відповідь на цю дію оточення реагує певним чином. Агент отримує підкріплення, так зване винагородження від оточення.

Агент записує інформацію про цю винагороду. Важливо відзначити, що винагорода відповідає конкретній парі «стан-дія».

Системи навчання з підкріпленням можуть виконувати одночасно кілька речей: навчатися, здійснюючи пошук методом проб і помилок, вивчати модель оточення, в якому вони діють, а потім використовувати цю епоху у моделі планування наступних кроків.

Метод опорних векторів [54], як і логістична регресія є алгоритмом класифікації.

Після того, як лінія для розділення класів буде проведена на даних з датасету для тренування, можна використовувати її для визначення точності на датасеті для тестування. Кожне з двох полів стосується найближчої точки або множини точок до кожної групи точок, а центр двох полів відомий як *hyperplane*. Гіперплощина — це лінія, що розділяє дві групи точок. Використовуємо термін «гіперплощина» замість «лінія», оскільки в SVM зазвичай маємо справу з більш ніж двома вимірами, і використання слова «гіперплощина» точніше передає ідею площини у багатовимірному просторі.

Ключовим терміном у SVM є *опорні вектори*. Опорні вектори — це вектори, лінійна комбінація, яких задає площини, що розділяють групи точок.

Множинна лінійна регресія є статистичним методом, який використовується для прогнозування результату на основі двох або більше змінних. Іноді її називають просто множинною регресією, і вона є узагальненням лінійної регресії. Для оцінки результату у множинній лінійній регресії використовується наступна формула:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \cdots + \beta_\rho x_{i\rho} + \epsilon \quad (1.1)$$

де y_i — залежна або прогнозована змінна. β_i — параметри моделі. є – похибка моделі, яка оцінюється як змінна нормального розподілу.

Множинна регресія базується на припущенні, що існує лінійна залежність між залежною та незалежними змінними. Вона також передбачає відсутність кореляції між незалежними змінними. Множинна регресія розглядає вплив більш ніж однієї змінної на результат. Вона оцінює відносний вплив цих незалежних змінних на залежну змінну.

Допустимо, що дані складаються з n спостережень (x_i, y_i). Кожне спостереження містить один результат, який маємо оцінити та n значень: $x_1, x_2, x_3, x_4 \ldots x_n$. Їх можна записати у таблицю:

Таблиця 1.1

Спостереження множинної регресії

Спостереження	y	x_1	x_2	…	x_r
1	y_1	x_{11}	x_{12}		x_{1r}
2	y_2	x_{21}	x_{22}		x_{2r}
3	y_3	x_{31}	x_{32}		x_{3r}
…					
k	y_k	x_{k1}	x_{k2}		x_{kr}
…					
n	y_n	x_{n1}	x_{n2}		x_{nr}

У лінійній моделі y_k є лінійною функцією змінних x_k.

У векторній формі можна записати формулу (1.1) як

$$y_i = \mathrm{x_i}^T \beta_\rho + \epsilon_i \quad (1.2)$$

В матричній формі можна узагальнити рівняння (1.2) як [55]:

$$y = \mathrm{X}\beta + \epsilon\ . \quad (1.3)$$

Існує багато способів вибору параметрів моделі, β, залежно від цільової функції. Одним із найбільш часто використовуваних методів є метод найменших квадратів (МНК).

Для застосування лінійної регресії в фінансах необхідно зібрати достатню кількість даних про показники та змінні, які впливають на них. Далі проводиться аналіз даних та знаходяться коефіцієнти, які дозволяють виразити залежну змінну у вигляді лінійної комбінації незалежних змінних.

Одним з важливих аспектів застосування множинної лінійної регресії є перевірка точності моделі. Це можна зробити за допомогою статистичних критеріїв та тестів. Якщо модель є адекватною, то вона може бути використана для прогнозування стану підприємства. Для застосування множинної лінійної регресії необхідно зібрати достатню кількість даних про фінансові показники та незалежні змінні. На наступному етапі проводиться аналіз даних та знаходяться коефіцієнти, які дозволяють виразити залежну змінну у вигляді лінійної комбінації.

Множинна лінійна регресія (MLR) може бути застосована для вивчення взаємозв'язку між різними фінансовими показниками, такими як демографічні та економічні чинники, політична стабільність. Це може допомогти встановити, які чинники мають найбільший вплив на фінансові результати, і допомогти у прийнятті рішень щодо їхнього управління. Множинна лінійна регресія (MLR) може бути використана для прогнозування доходів компанії на основі незалежних змінних, таких як кількість продукту, ціна, величини витрат на рекламу. MLR також може допомогти встановити взаємозв'язок між фінансовими показниками.

Лінійна регресія є корисним інструментом для аналізу та прогнозування фінансових показників, який допомагає встановлювати взаємозв'язки між фінансовими та незалежними змінними. Однак, для того щоб результати були достовірними, необхідно враховувати якість та достатню кількість даних, а також проводити перевірку на адекватність моделі та інші статистичні перевірки. Крім того необхідно розуміти, що множинна лінійна регресія може бути лише одним з інструментів аналізу та не повинна використовуватися самостійно для прийняття

фінансових рішень. Для цього потрібно враховувати інші фактори, такі як ризики, конкуренція, макроекономічні фактори.

Дерева рішень (Decision tree) – це класифікатор, який надзвичайно легко інтерпретувати за допомогою низки питань. На відміну від лінійної регресії, яка вимагає розуміння n-мірних площин, випадковий ліс пояснюється за допомогою дерева питань, яке часто може бути інтуїтивно сформоване для конкретної задачі. До прикладу для того, щоб визначити, чи випадкова людина в університеті є студентом чи викладачем достатньо задати питання, щоб визначити вік особи. За результатом відповіді, можна з великою ймовірністю оцінити статус людини. Випадкові ліси формують дерева з подібних питань для того, щоб ухвалити прості рішення.

Для побудови дерева рішень використовується термін ентропії. Ентропія виникла з теорії інформації та є мірою невизначеності. Якщо дані повністю однорідні, ентропія дорівнює нулю, а якщо дані поділені порівну, то ентропія - це одиниця. У деревах рішень чинник із найбільшою значимістю буде найближчим до кореневого вузла, щоб класифікувати надані дані на класи жадібним методом.

$$Entropy = -p_1 * \log_2 p_1 - \cdots - p_n * \log_2 p_n$$

Інформаційний приріст (Information gain): — це очікуване зменшення ентропії, викликане розділом даних відповідно до заданого атрибуту. На кожному етапі жадібно вибирається змінна з максимальним приростом інформації [56].

$$\text{Інформаційний приріст} = \text{ентропія батьківського елемента} - \Sigma(w\ \% * \text{ентропія дочірнього елемента}),$$

де

$$w\ \% = \frac{\text{кількість спостережень у певному дочірньому вузлі даних}}{\Sigma\text{спостереження у всіх дочірніх вузла}}$$

Замість ентропії ми можемо використовувати коефіцієнт Джині:

$$Gini = 1 - \Sigma p_i^2$$

Випадковий ліс (Random forests) є широко вживаним алгоритмом машинного навчання, який використовується для задач класифікації та регресії (див. рис.1.5). Він належить до категорії навчання з учителем та ґрунтується на ідеї

ансамблевого навчання. Цей метод поєднує кілька класифікаторів для вирішення складних завдань та покращення точності моделі.

Метод випадкового лісу полягає у використанні набору дерев рішень на випадкових підмножинах даних. Для прогнозування він враховує прогнози кожного дерева, а потім приймає рішення на основі більшості голосів прогнозів. Такий підхід дозволяє покращити точність прогнозування набору даних.

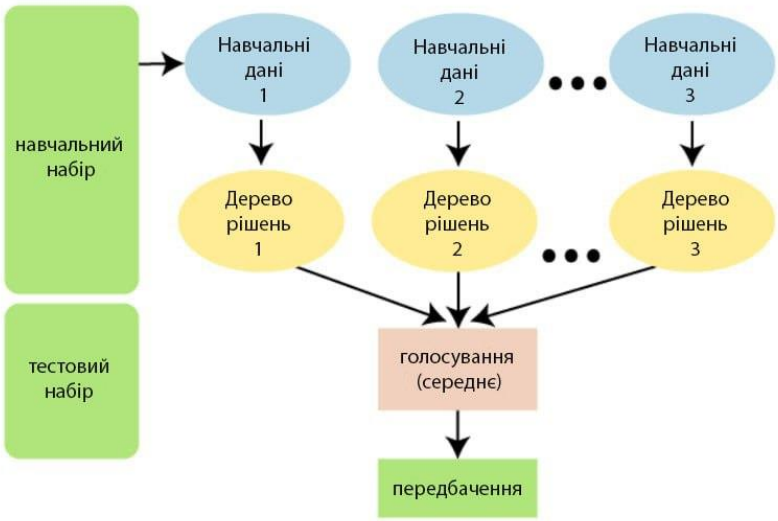


Рис 1.5 Алгоритм випадкового лісу

Більша кількість дерев у лісі підвищує точність як видно з рис. 1.5. Випадковий ліс усуває проблему перенавчання та покращує узагальнення, навчаючи кожне дерево рішень на випадковій вибірці даних і підмножині функцій. Порівняно з одним класифікатором дерева рішень, класифікатор випадкового лісу має низку переваг, включаючи здатність обробляти багатовимірні та зашумлені дані, стійкість до викидів і відсутніх значень, а також здатність вимірювати відносну релевантність функцій [57].

Його можна використовувати в різноманітних сферах і завданнях, а також він є більш швидким, ніж інші алгоритми. Метод дозволяє прогнозувати результати з високою точністю навіть, якщо випадковий ліс натреновано на великих датасетах

з тренувальними даними. Також точність методу випадкових лісів не так сильно залежить від пропущених чи відсутніх даних.

Переваги алгоритму випадкового лісу:

1. Підходить для задач класифікації та регресії.

2. Вихід базується на більшості голосів або усередненні, що знижує ризик перенавчання.

3. Працює із даними, які мають нульові/відсутні значення.

4. Кожне створене дерево рішень є незалежним від іншого; таким чином його можна виконувати, використовуючи паралельні обчислення.

5. Він дуже стабільний, оскільки надаються усереднені результати, надані багатьма деревами.

6. Не всі атрибути враховані при створенні кожного дерева рішень, що зберігає різноманітність моделей.

7. Він призначений до використання, коли є ризик виникнення явищ зменшення точності пов’язаних зі зміною розмірності. Так як не всі атрибути числяться у кожному дереві, то простір залежностей зменшується.

Недоліками цього методу є складність алгоритму, побудова випадкового лісу є набагато складнішою, ніж застосування будь-якого іншого описаного вище алгоритму. Для реалізації алгоритму випадкового лісу потрібні додаткові обчислювальні ресурси, процес прогнозування з використанням випадкових лісів є дуже трудомістким порівняно з іншими алгоритмами.

Метод Random Forest для прогнозування прибутку компанії може бути використаний на основі різноманітних вхідних даних таких як фінансові показники, дані про ринкові тенденції, демографічні дані, дані про конкурентів тощо. Метод використовує комбінацію багатьох дерев рішень, які опрацьовують дані та забезпечують точність прогнозування [58].

Метод може дати відповідь на питання про можливість збільшення чи зменшення прибутку в майбутньому, та на які конкретні фактори це може вплинути. Додатково він дозволяє виконувати аналіз чутливості, що допомагає

визначити ті фактори, які найбільше впливають на прибуток, та знайти їх способи оптимізації для підвищення ефективності.

Також метод може бути використаний для класифікації. Створимо модель, яка буде визначати, чи є компанія прибутковою, або наскільки вона є ефективною. Це може бути корисним для інвесторів, які шукають компанії з високим потенціалом дохідності.

Метод опорних векторів

Машини опорних векторів — це набір методів навчання, які застосовуються для класифікації, регресії та виявлення викидів. Усе це типові задачі, які вирішує штучний інтелект. Їх можна використовувати для виявлення ліквідності підприємства або ж для прогнозування майбутніх прибутків з використанням побудованої регресійної моделі.

Існують певні типи методу опорних векторів, які можна використовувати для конкретних проблем машинного навчання, зокрема, регресія опорних векторів, яка є розширенням класифікації опорних векторів.

Метод опорних векторів відрізняється від інших алгоритмів класифікації тим, як вони вибирають межу рішення, яка максимізує відстань від найближчих точок даних усіх класів. Границя рішення, створена методом, називається класифікатором максимального запасу.

При реалізації методу опорних векторів намагаємося знайти гіперплощину або набір гіперплощин, що можуть найкраще розділити дані на два або більше класів. До гіперплощини належить геометричний об'єкт в просторі, який має розмірність на одну менше, ніж простір, в якому він знаходиться. Наприклад, якщо дані мають дві ознаки, тобто простір є двовимірний, то гіперплощина буде лінією.

Для того, щоб знайти гіперплощину, яка може найкраще розділити дані, використовується тренувальний набір даних, який містить приклади з обох класів. Він будує гіперплощину, яка має максимальну відстань від найближчих прикладів кожного класу. Ця відстань називається межею.

Якщо дані неможливо розділити гіперплощиною, то використовується ядро, що дозволяє перетворювати дані в вищу розмірність, де вони можуть бути розділені

гіперплощиною. Ядром є функція, яка зображає даний простір у новому просторі вищої розмірності.

Після того, як гіперплощина була знайдена, класифікуємо її. Перевіряємо, на якому боці гіперплощини знаходиться новий приклад, і призначаємо йому відповідну мітку класу.

Ще одна причина, чому використовується метод опорних векторів, полягає в тому, що вони можуть знаходити складні взаємозв'язки між даними без необхідності виконувати багато перетворень самостійно. Це метод добре працює з меншими наборами даних, які містять від десятків до сотень тисяч функцій. Зазвичай отримуємо точніші результати порівняно з іншими алгоритмами завдяки здатності опрацьовувати невеликі складні набори даних.

Метод є ефективним у випадках, коли кількість ознак перевищує кількість точок даних. Він використовує підмножину тренувальних точок у функції прийняття рішень, яка називається опорними векторами, що робить її ефективною пам'яттю.

Для функції прийняття рішень можна вказати різні функції ядра. Можна використовувати звичайні ядра, але також можна вказати власні ядра.

До недоліків методу належить те, що якщо кількість функцій набагато більша, ніж кількість точок даних, важливо уникати занадто точного налаштування під час вибору функцій ядра.

Сам метод безпосередньо не надає оцінки ймовірності. Найкраще працює на невеликих вибірках оскільки має великий час навчання.

Для прогнозування прибутків можна використовувати метод опорних векторів. У цьому випадку, метод намагається побудувати лінію або площину у випадку більш високої розмірності, яка найкраще відповідає даним тренувальної вибірки. Ця лінія дозволяє передбачити прибуток, залежно від інших факторів, які можуть впливати на прибуток.

Щоб використовувати для прогнозування прибутків, необхідно зібрати дані про попередні прибутки та інші фактори, які можуть впливати на нього. Ці дані можуть включати фінансові показники компанії, такі як витрати на виробництво та

маркетинг, кількість продукту, проданого за певний період часу, та інші показники, які вважаються важливими для прогнозування певних параметрів.

Після того, як дані зібрані, будуємо модель, яка буде прогнозувати прибуток на основі інших факторів. Цю модель можна використовувати для дослідження результату у майбутньому, якщо відомі значення інших факторів.

Важливо враховувати, що використання алгоритму не є універсальним рішенням для всіх задач прогнозування прибутків. У деяких випадках можуть бути кращі інші методи машинного навчання, такі як нейронні мережі або дерева рішень. Тому важливим є провести дослідження та порівняти різні методи, щоб визначити, який з них є найефективнішим для конкретної задачі.

Однією з ключових переваг є його здатність працювати з даними високої розмірності та розділяти дані, що не є лінійно роздільними. Це здійснюють, коли дані складні, та мають багато факторів, які впливають на прибуток.

Крім того, використання методу для прогнозування прибутків потребує вміння належним чином обробляти дані та знаходити оптимальні параметри моделі. Це може вимагати великої кількості часу та ресурсів, тому важливо мати належні знання та навички в цій області.

Нейронні мережі

Нейронна мережа є одним із найпоширеніших методів машинного навчання. Вона базується на використанні взаємопов'язаних вузлів або нейронів у складній багатошаровій структурі, що схожа на організацію людського мозку. Ця адаптивна система дозволяє комп'ютерам вчитися на основі власних помилок та постійно вдосконалюватися, що дозволяє розв'язувати складні проблеми з більшою точністю.

Принцип роботи нейронних мереж схожий на людський мозок. Нейрони, які складають людський мозок, утворюють складну взаємопов'язану мережу, передаючи один одному електричні сигнали, які допомагають обробляти інформацію.

Основна нейронна мережа має три шари, пов’язані між собою штучними нейронами:

Вхідний шар. Цей шар дозволяє інформація надходити у нейронну мережу. Вхідні вузли обробляють дані та передають на наступний рівень.

Прихований (внутрішній) шар. Приховані шари є компонентами нейронних мереж, які виконують обробку даних і передають результати на інші шари нейронної мережі. Штучні нейронні мережі мають здебільшого багато прихованих шарів.

Вихідний рівень. Обчислює кінцевий результат опрацювання даних. Може складатися з одного або кількох вузлів, залежно від типу задачі: у випадку бінарної класифікації, вихідний рівень має один вузол, що представляє результат у форматі "так" або "ні". У випадку задачі з класифікацією більшої кількості класів, вихідний рівень має вузли, кожен з яких відповідає конкретному класу.

Глибокі нейронні мережі мають кілька прихованих шарів, що складаються з мільйона штучних нейронів. Ваги, які представляють зв'язки між нейронами, визначають силу впливу одного нейрона на інший. Глибокі мережі мають потенціал опрацьовувати різноманітні типи вхідних даних та здійснювати різні типи обчислень.

Враховуючи, що глибокі нейронні мережі мають таку складну структуру і велику кількість параметрів, для їх навчання необхідно багато навчальних даних. Зазвичай потрібно мільйони рядків навчальних даних для ефективного навчання глибокої мережі, що робить їх тривалим процесом порівняно з іншими методами машинного навчання.

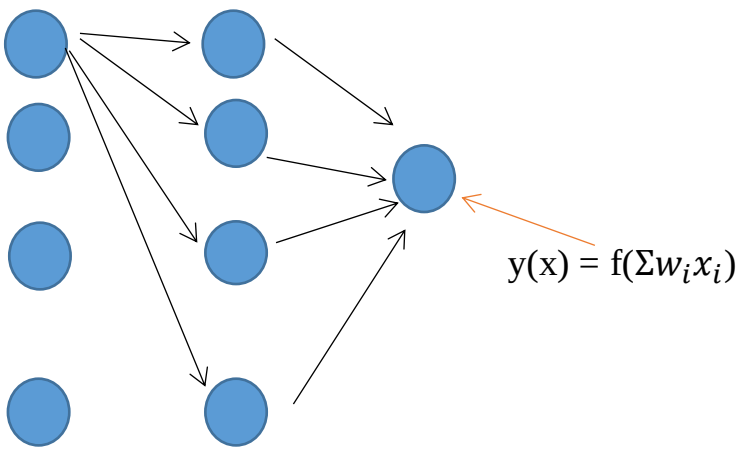


Рис. 1.6 Алгоритм функціонування нейронних мереж

Алгоритм функціонування нейронних мереж полягає у тому, що кожен нейрон використовує інформацію з усіх нейронів попереднього шару як на рис. 1.6, застосовуючи до них активаційну функцію f як у формулі

$$y(x) = f(\Sigma w_i x_i) \quad (1.4)$$

Вибір функції активації f відіграє важливу роль у агрегації сигналів у вихідний сигнал, який поширюється до інших нейронів мережі. Існує багато різних типів функцій активації. Найпопулярнішими є наступні:

- Сигмоїда

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}},$$

- Tanh

$$f(x) = tanh(x),$$

- Relu

$$f(x) = max(0, x),$$

- Лінійна

$$f(x) = x.$$

Relu широко використовується замість сигмоїди чи Tanh через її швидшу збіжність. Під час алгоритмів обчислення коефіцієнтів нейронних мереж потрібно використовувати похідні від функцій активації. Relu дуже швидко обчислюється і є ефективною мірою розділу двох множин точок.

1.7. Системи підтримки прийняття рішень

Системи підтримки прийняття рішень (СППР) є важливою складовою сучасної системи управління смарт-підприємствами. Смарт-підприємство використовує сучасні технології, такі як інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI), аналіз даних тощо, для підвищення продуктивності, ефективності та

конкурентоспроможності. СППР в цьому контексті допомагають збирати, аналізувати та інтерпретувати великі обсяги даних, щоб надавати інформацію та рекомендації для прийняття оптимальних рішень. Ось деякі ключові аспекти СППР в системі адаптивного управління смарт-підприємством:

- Збір і моніторинг даних: СППР допомагають збирати дані з різних джерел, включаючи сенсори IoT, системи моніторингу, соціальні мережі тощо. Це дозволяє отримати повний обсяг інформації про різні аспекти діяльності підприємства.
- Аналіз даних: СППР використовують аналітичні методи та алгоритми для виявлення залежностей, трендів, аномалій і закономірностей в даних. Це допомагає розуміти ситуацію та виявляти можливості для оптимізації.
- Прогнозування: базуючись на аналізі даних, СППР можуть розробляти прогнози та передбачати майбутні події або тенденції. Це допомагає приймати рішення на основі побудованих сценаріїв.

Моделювання рішень: СППР можуть створювати моделі для симуляції різних варіантів рішень. Це дозволяє оцінювати можливі впливи і результати різних стратегій перед їх реалізацією. СППР надають рекомендації засновані на аналізі даних та результатів моделювання. Це допомагає керівникам та фахівцям зробити обгрунтовані рішення.

Автоматизація рішень: в деяких випадках, СППР можуть навіть автоматизувати процес прийняття рішень, щоб реагувати на зміни в реальному часі без втручання людини.

Оптимізація ресурсів: СППР допомагають раціонально розподіляти ресурси, такі як робоча сила, матеріали, енергія тощо, для досягнення максимальної продуктивності та ефективності.

Адаптація до змін: оскільки смарт-підприємство працює в змінному середовищі, СППР допомагають адаптуватися до нових умов та впроваджувати рішення швидко.

Мультимодальність: СППР можуть об’єднувати дані з різних джерел та діяльностей, щоб надавати комплексний погляд на ситуацію.

Взаємодія з користувачами: СППР можуть надавати інтерфейси для спілкування з користувачами, де можна отримати аналіз, рекомендації та іншу інформацію.

Загалом, СППР є ключовим інструментом для систем адаптивного управління смарт-підприємствами, допомагаючи ефективно використовувати величезний обсяг даних, забезпечуючи обгрунтоване прийняття рішень для досягнення поставлених цілей.

Методи та засоби візуалізації результатів обробки даних. Візуалізація результатів опрацювання даних є важливою складовою аналізу даних, оскільки графічна репрезентація може допомогти в легкому сприйнятті паттернів, зв’язків та висновків з великих обсягів інформації. Ось деякі методи та інтелектуальні засоби візуалізації результатів опрацювання даних:

Методи візуалізації:

- *Лінійна візуалізація:* для відображення змін величини відносно часу або іншої змінної.
- *Гістограми:* використовуються для аналізу розподілу даних, особливо коли отримані статистичні характеристики.
- *Кругові діаграми:* показують складові частини цілого і використовуються для відображення відсоткового співвідношення.
- *Діаграми розсіювання (scatter plots):* використовуються для відображення взаємозв’язку між двома змінними. Допомагають виявити кореляцію, кластери або викиди.
- *Теплові карти (heatmaps):* це двовимірна візуалізація, де кожен елемент представлений кольором, що відображає значення певної характеристики для комбінації двох змінних.
- *Дерева прийняття рішень:* візуалізують послідовність рішень та їх наслідки у вигляді дерева. Це допомагає аналізувати можливі варіанти розвитку подій.

- *Сітки та картографічна візуалізація:* використовуються для відображення географічних даних, такі як карти, географічні інформаційні системи, сітки розташування тощо.
- *Радарна візуалізація:* використовуються для порівняння кількох змінних для декількох об’єктів. Кожна змінна відображається на власній осі, створюючи спіральну форму.
- *Бульбашкова візуалізація:* графіки, де кожна бульбашка описує даний об’єкт і має розмір та колір, що відображає певні характеристики.
- *Анімація:* використання анімації дозволяє показати зміни в часі або інші змінні. Це виконують для аналізу динаміки.

Засоби для візуалізації даних включають програми та бібліотеки програмування:

- *Python бібліотеки*: Matplotlib, Seaborn, Plotly, Bokeh, ggplot - ці бібліотеки дозволяють створювати різноманітну візуалізацію.
- *R:* інтегроване середовище R надає багатий набір функцій для візуалізації, таких як ggplot2.
- *Tableau:* це інструмент для візуалізації даних, який надає можливість створювати складну та динамічну візуалізацію без програмування.
- *Power BI:* інший інструмент для візуалізації даних від Microsoft, який дозволяє поєднувати, аналізувати та візуалізувати дані.
- *D3.js:* ця бібліотека JavaScript дозволяє створювати складні та інтерактивні візуалізації на веб-сторінках.

Це лише декілька прикладів методів та засобів візуалізації даних.

1.8. Загальні вимоги та основні напрями вдосконалення методів і засобів управління смарт-підприємствами

Підприємства для того, щоб залишатися конкурентоспроможними, повинні впроваджувати сучасні технологічні рішення такі як IoT системи. Проте існують вимоги, яких потрібно дотримуватись, щоб уникнути ризиків. Одним з найбільших ризиків є забезпечення засобів кібербезпеки. Збільшення кількості підключених

пристроїв може спричинити зростання ризиків кібератак та витоків даних. Важливим є створення вимог до приватності даних. Збір великої кількості даних може породжувати питання щодо конфіденційності та збереження особистої інформації. Оцінка вартості впровадження впливає на вибір прийняття рішення сучасних технологій. Реалізація смарт-технологій може бути дорогим заходом, особливо для малих підприємств. Також для будь-якої IoT системи складно оцінити її майбутню вартість. IoT системи є складно масштабовані, але передбачаючи можливість масштабування дозволяє розширяти чи скорочувати виробництво за потреби. Фізична безпека пристроїв виступає чинником вибору конкретного рішення. Потрібно враховувати, що всі пристрої можна використовувати при певних атмосферних умовах та уникати механічних пошкоджень.

Людський чинник сприйняття персоналом часто запобігає впровадженню нових технологій та може вимагати навчання та перепідготовки персоналу, що може бути трудомістким процесом. Якщо велику частину персоналу замінять сучасні технології, то масові скорочення можуть бути негативно сприйняті у суспільстві та поставлять компанію у невигідне положення.

Інтелектуальна система повинна бути достатньо автоматизована, щоб приймати більшість рішень без взаємодії з людьми. З іншого боку, не всі рішення по управлінню підприємством можна автоматизувати. В разі непередбачуваних чинників, важливо скорегувати роботу підприємства для того, щоб отримати прибуток.

1.9. Висновки до розділу 1

1. Впровадження технологій інтернету речей дозволяє автоматизувати багато процесів, проте також вимагає нових рішень щодо вибору архітектури мережі пристроїв. Технології збору, збереження даних дають можливість швидко аналізувати зовнішє та внутрішнє середовище підприємства, автоматизовано приймати рішення, передбачати прибуток підприємства. Сучасні технології бюджетування та управління вплинули на розвиток економіки та вимагають від

підприємств впровадження нових технологічних рішень таких як Internet of Things, хмарних технологій. Було виокремлено основні вимоги до впровадження систем управління підприємством. Показано основні проблеми, з якими стикається смарт-підприємство.

2. Проаналізовано метод слабких сигналів, що дозволяє оцінити дані з різних джерел та прийняти ефективне рішення.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ

2.1. Розроблення методу виявлення слабких сигналів

Невизначеність є неминучою при управління підприємством. Невизначеність породжує ризики, які можна виявити за допомогою виявлення слабких сигналів Попри те, що ризики приводять до падіння виробництва, збитків, недоодержання прибутків, вони також є джерелом можливостей та рушійною силою для господарств українських та європейських підприємств. Оскільки з досвіду підприємств відомо, що їх успіх пов'язаний з дуальністю ризиків, бо вони дають можливість проникнення на нові ринки, де інші підприємства не змогли адаптуватись до нових умов, розробки нових видів товарів, впровадження нових інноваційних технологій. Характерною рисою функціонування смарт-підприємств у невизначених умовах стало збільшення прихованих потенційних ризиків та несприятливих обставин, які можуть призвести до ухвалення рішень в умовах непередбачуваних ситуацій. Оскільки, зовнішнє та внутрішнє середовище підприємства, де можуть виникати загрози або можливості, є змінним, оскільки вони піддаються як зовнішнім, так внутрішнім факторам залежно від того, що відбувається. Тому виникає проблема комплексної оцінки усіх ризиків та впливів на підприємство. Сучасні системи управління смарт-підприємством базуються на вивченні відносин між підприємством і його середовищем та орієнтовані на превентивні заходи шляхом ідентифікації чинників, які сигналізують про певний напрям розвитку даних підприємства. При такій оцінці сигналів впливу, підприємство розглядається як відкрита система, яка постійно підлаштовується до зовнішнього середовища [59].

Для вирішення задачі раннього виявлення змінних тенденцій факторів впливу оточуючого середовища необхідно провести вимірювання показників з аналізом того, чи ці значення відповідають старту нової тенденції, або є в рамках наявної тенденції. Відхилення показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності від попереднього отриманого прогнозованого значення є

ознакою майбутнього сильного сигналу, якщо досліджуване підприємство є в умовах відносної стабільності чи близьке до рівноважного стану.

Метод виявлення слабких сигналів полягає у виконанні послідовності дій, яка наведена на рис. 2.1, де t_j– час спостереження за підприємством.

Рис. 2.1. Послідовність дій при виявленні слабких сигналів

Знаходження слабких сигналів можливо лише у тому випадку, якщо зібрана наявна інформація про підприємство та узагальнений показник впливу $I_{вр}(t_i)$ перевищує термін, що встановлений керівником підприємства. Часовий ряд змін показника впливу на підприємство на основі інтегральної показника впливу $I_{вр}(t_j)$ буде згодом використовуватись для прогнозування майбутнього значення $I_{вп}(t_j)$ на

наступний момент часу, де j=m+1,…, k, а також виявлення значення слабких сигналів.

У теперішній момент часу обчислюється модуль різниці реального та прогнозованого сигналу впливу $h_j = |\mathrm{I}_{\mathrm{вр}}(t_j) - I_{\mathrm{вп}}(t_j)|$. Рішення про те, що виявлено слабкий сигнал здійснюється шляхом аналізу результату порівняння h_j Якщо $h_j > \Delta$ (Δ – можна підібрати на основі контексту розвитку підприємства), тоді t_j – це поява слабкого сигналу впливу. Якщо $h_j < \Delta$, тоді можна застосовувати регулярне планування та керування, що було запланованою дією. Якщо h_j суттєво перевищує Δ, то це є сильний сигнал. Загалом, появі сильних сигналів передує поява слабких сигналів. До прикладу, перед початком широкомасштабного вторгнення в Україну у 2022 році передувало багато сигналів впливу політичного та економічного характеру: зміна національного курсу, поява новин про розміщення військових сил РФ у Білорусії.

Графік часового ряду прогнозованого $I_{вп}(t_j)$ та реального $I_{вр}(t_j)$ показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності, показано на рис. 2.2.

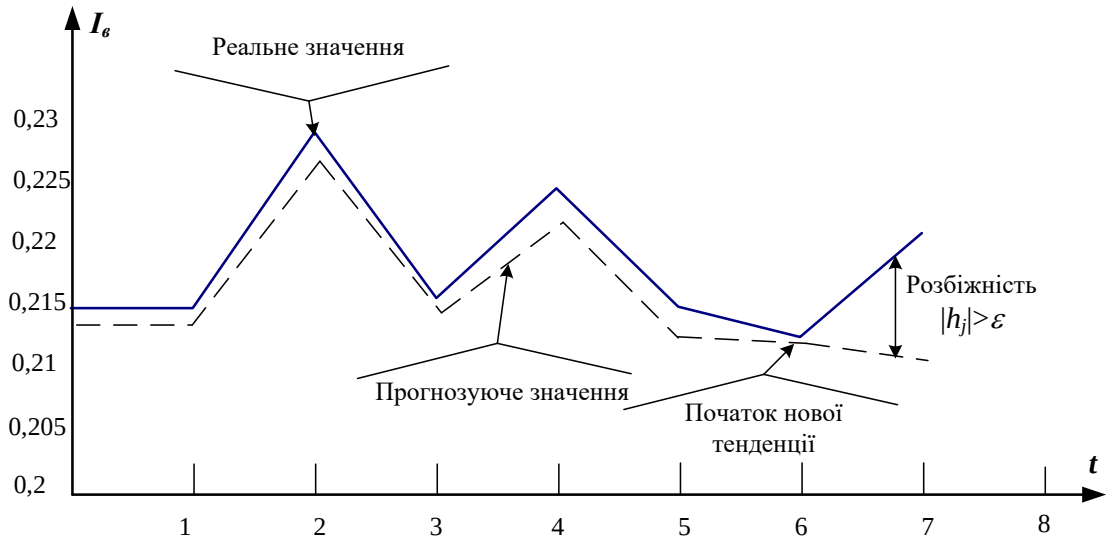


Рис. 2.2. Схема знаходження слабких сигналів

Із рис. 2.2. видно, що при появі слабких сигналів зв’являється нова тенденція, яка потребує втручання керівника.

На основі проведених досліджень створено метод виявлення слабких сигналів на смарт-підприємстві, який можна реалізувати у п’ять етапів. Дії, що виконуються на кожному етапі, наведено на рис. 2.3.

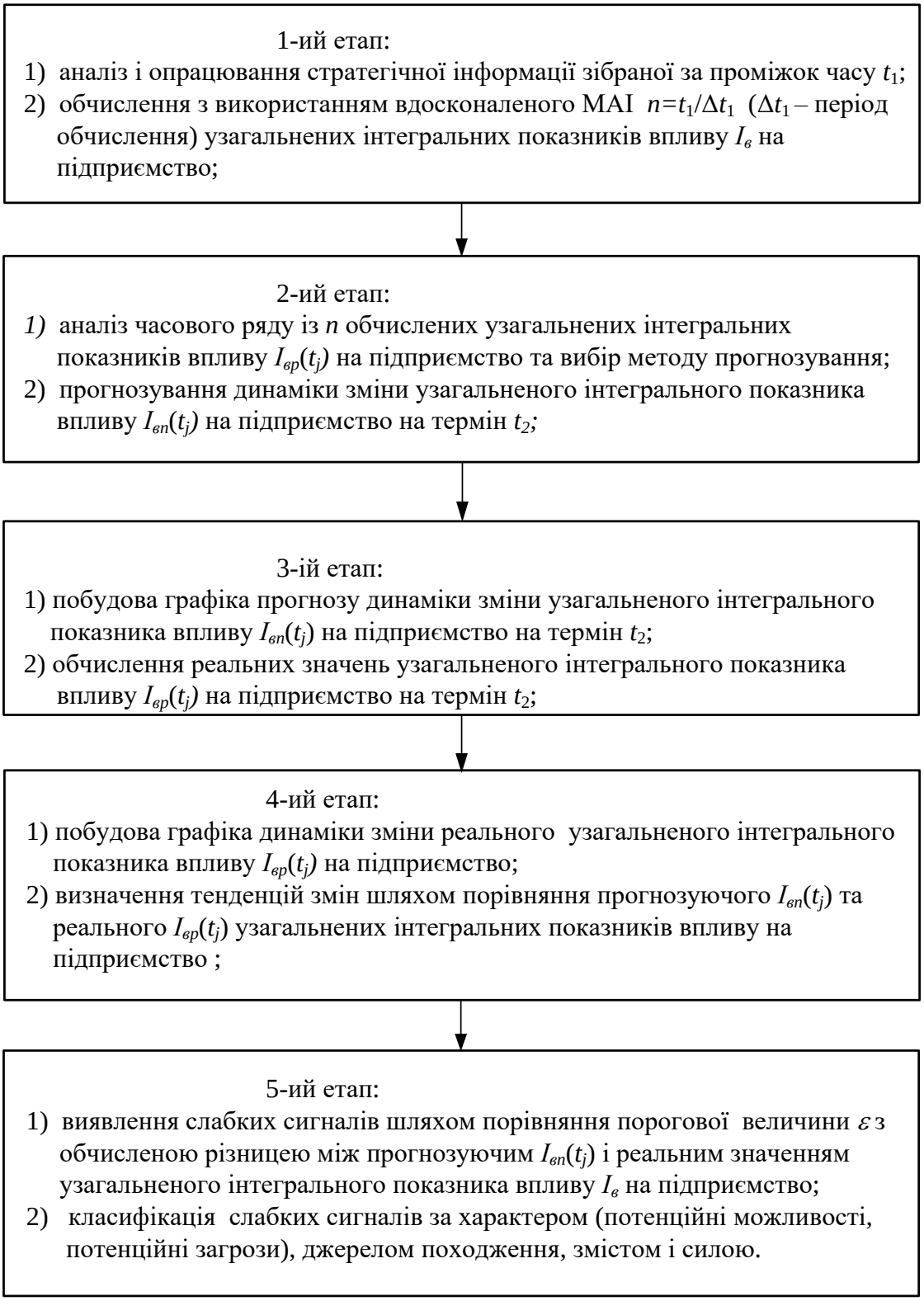


Рис.2.3. Основні етапи реалізації методу виявлення слабких сигналів раннього попередження

Розглянемо детальніше дії, які виконуються на кожному етапі реалізації методу виявлення слабких сигналів впливу на розумне підприємство.

Першою операцією є опрацювання зібраної інформації про чинники зовнішнього та внутрішнього середовищі даного “розумного підприємства”. Результатом даного опрацювання є виявлення груп впливів, факторів в кожній групі та розробка дерева ієрархій. Дерево ієрархій для підприємств складатися з трьох рівнів:

- перший рівень – мета ієрархічного аналізу, яка полягає в обчисленні сигналу впливу на підприємство на основі інтегральної залежності;
- другий рівень – сім груп впливу;
- третій рівень - фактори впливу для кожної групи.

Для оцінки цих чинників, факторів впливу, виконуємо обчислення показника впливу на основі інтегральної залежності $\mathrm{I}_{вр}(t_j)$ на підприємство з певною періодичністю. Таке оцінювання передбачає обчислення узагальненого показника впливу на основі інтегральної залежності на смарт-підприємство.

На другому етапі реалізації методу виявлення слабких сигналів першою операцією є аналіз часового ряду із n обчислених узагальнених інтегральних показників впливу $\mathrm{I}_{вр}(tj)$ за час t_1 і вибір методу прогнозування узагальненого інтегрального показника впливу $\mathrm{I}_{вп}(tj)$ на підприємства на наступний термін t_2.

Управління смарт-підприємством є неможливе без передбачення майбутніх факторів, а також без прогнозування тенденцій розвитку підприємства. Прогноз майбутнього стану “розумного підприємства” та впливу на нього домінуючих факторів середовища використовуються для виявлення найбільш ймовірних та економічно ефективних способів його функціонування, обґрунтування, а знаходження варіантів розвитку основних напрямків економічної та технічної політики, прогнозування наслідків прийнятих рішень і здійснення заходів для покращення майбутніх тенденцій [60].

На другому етапі реалізації методу знаходження впливу слабких сигналів першою операцією є побудова щоквартального прогнозу часового ряду зміни

показника впливу на основі інтегральної залежності $I_{вп}(t_j)$ на досліджувані підприємства терміном t. Дана візуалізація будується на значеннях реальних узагальнених інтегральних показників впливу $I_{вр}(t_i)$, які отримані за період t_1.

Наступною операцією даного етапу є обчислення упродовж терміну t_2 щоквартальних реальних значень показника впливу на основі інтегральної залежності $I_{вр}(t_j)$ на досліджувані підприємства. Отримання щоквартальних реальних значень цього показника вимагає постійного моніторингу, аналізу та оцінювання стратегічної інформації. Обчислення щоквартальних реальних значень показника впливу на основі інтегральної залежності $I_{вр}(t_j)$ на підприємства здійснюється шляхом використання вдосконаленого МАІ.

Для реалізації метода виявлення слабких сигналів в СРП необхідно виконати операцію порівняння з пороговим значенням Δ, яке визначається шляхом експериментів, з результатом порівняння h_j. Якщо різниця h_j перевищує поріг Δ, тобто коли $h_j > \Delta$, то це означає, що знайдено слабкий сигнал, який пов'язаний з початком нової тенденції.

Другою операцією даного етапу є класифікація виявленого слабкого сигналу за характером (потенційні загрози, потенційні можливості), джерелом походження сигналу (внутрішнє середовище підприємства, макросередовище, мікросередовище), змістом, що несе сигнал (економічний Е, соціально-культурний С, політичний Р, виробничо-технологічний В, ринковий R, конкурентний К, міжнародний М) та силою. Для класифікації виявленого слабкого сигналу необхідно проаналізувати вектори локальних пріоритетів на другому (груп впливів) та третьому (факторів впливів в групах) рівнях ієрархії. Шляхом аналізу в момент t_j вектора локальних пріоритетів для груп впливів (другий рівень) визначаються групи, які найбільше впливають на роботу підприємств. Аналізуючи вектори локальних пріоритетів в даних групах (третій рівень) визначаємо найвпливовіші фактори в даних групах. На основі найвпливовіших факторів для підприємства визначається джерело надходження та сила слабких сигналів.

2.2. Удосконалення методу аналізу ієрархій

Для ефективного управління підприємствами потрібно враховувати взаємодію та взаємозалежність внутрішніх та зовнішніх факторів впливу, здійснити їх класифікацію, кількісне оцінювання та визначити домінуючі фактори впливу на підприємство. Сучасні методи виявлення та оцінювання факторів впливу на підприємство не завжди у повній мірі використовують системні процедури і не враховують взаємозалежність та їх взаємодію.

Найбільше цим критеріям відповідає метод аналізу ієрархій [61], який в основному використовується для планування та прийняття компромісних рішень. Для адаптації МАІ до виявлення та числового оцінювання домінуючих факторів впливу на підприємство у визначені моменти часу необхідно його вдосконалити.

Вдосконалення МАІ досягається наступним доповненням:

- аналізом оточуючого середовища внутрішньої та зовнішньої інформації підприємства;
- визначенням груп впливу, які найбільше впливають на роботу підприємства і факторів впливу в кожній групі;
- модифікованою шкалою ваг важливості для оцінюванням ваг факторів впливу;
- обчисленням показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності.

Числове оцінювання факторів впливу та знаходження показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності [62] у вдосконаленому МАІ виконується за чотири етапи. Послідовність дій, які виконуються на кожному етапі реалізації вдосконаленого МАІ, наведена на рис. 2.4.

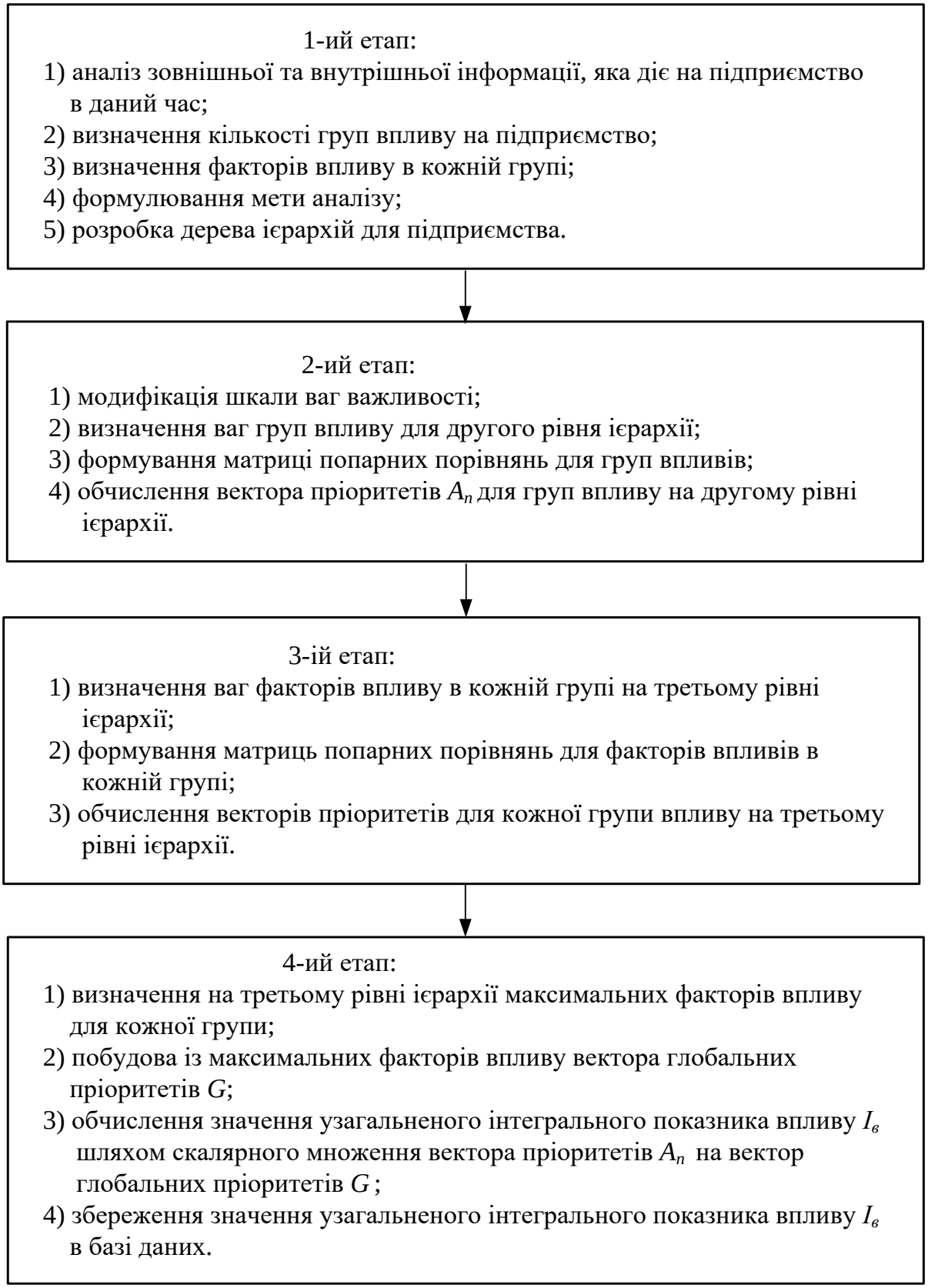


Рис. 2.4. Етапи реалізації вдосконаленого МАІ

Розглянемо детальніше дії, які виконуються на кожному етапі реалізації вдосконаленого МАІ.

На першому етапі вдосконаленого МАІ збирається інформація про зовнішнє (статистичні дані, законодавчі та нормативні акти, маркетингові дослідження) і внутрішнє середовище (планово-економічна, фінансова, бухгалтерська, технологічна, технічна документація, тощо) підприємств, які є об’єктами дослідження. На основі даної інформації здійснюється виявлення факторів впливу, які найбільше впливають на роботу таких підприємств.

Необхідно відмітити, що взаємодія кожного конкретного підприємства з оточуючим середовищем має свою специфіку, яка залежить від розмірів підприємства, територіального розміщення, якості управління тощо [63]. Тому розробка дерева ієрархій для кожного конкретного підприємства, здійснюється шляхом уточнення груп та факторів впливів в базовому ієрархічному дереві.

Базове дерево ієрархій для українських та європейських підприємств, наведено на рис. 2.5.

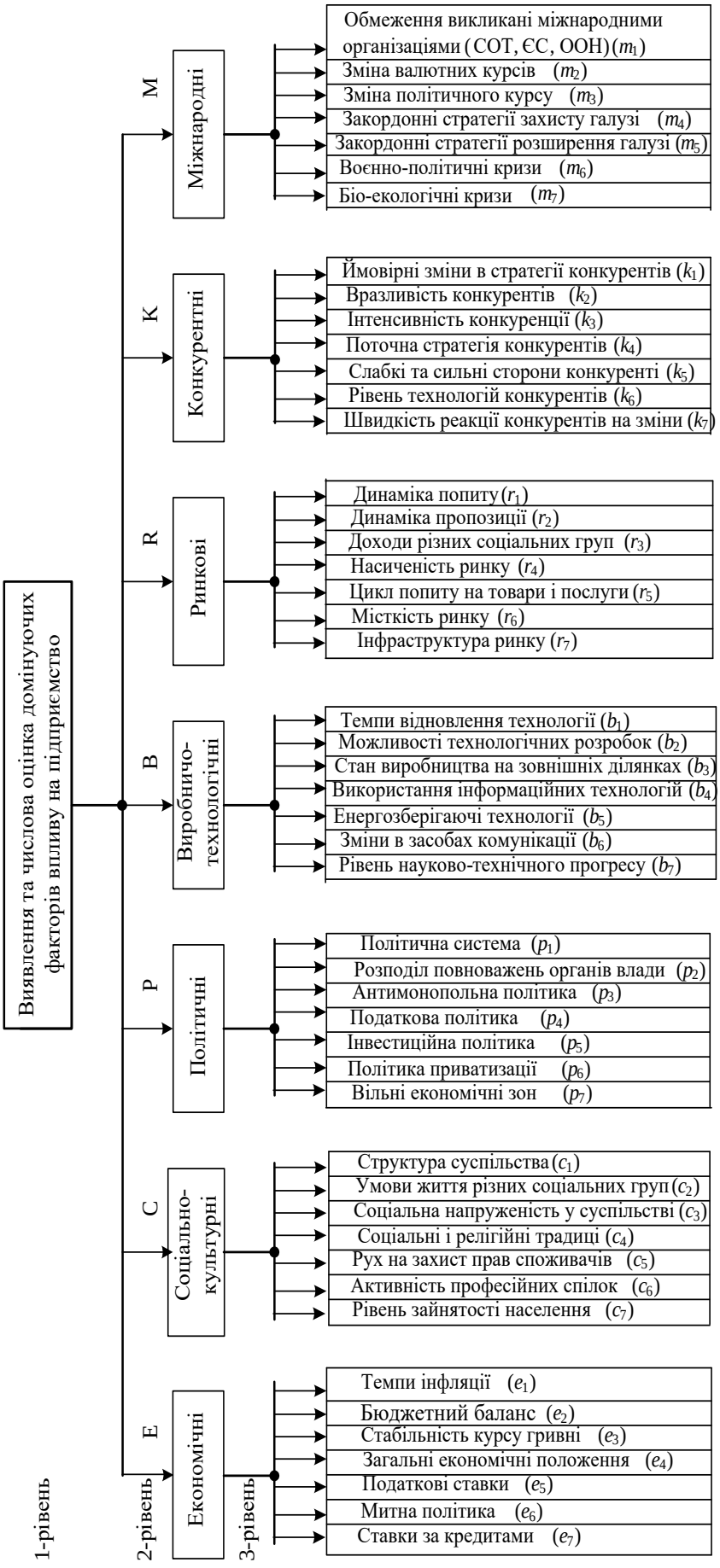


Рис. 2.5 Базове ієрархічне дерево для виявлення та числової оцінки домінуючих факторів впливу на підприємства з виготовлення приладів вимірювання високих температур

Рис. 2.5. Ієрархічне дерево для оцінки сигналів впливу на підприємство.

Перший ієрархічний рівень дерева це – мета ієрархічного аналізу, яка полягає в виявлені та числовій оцінці домінуючих факторів впливу на підприємство.

Другий рівень ієрархічного дерева складають групи впливу. Кількість і види груп впливів визначається за результатами опрацювання зібраної інформації про стан в зовнішньому та внутрішньому середовищі досліджуваного смарт-підприємства. Визначено, що на досліджуваних підприємствах, найбільший вплив мають сім наступних груп факторів впливів: виробничо-технологічні B, ринкові R, економічні E, конкурентні K, соціально-культурні C, політичні P, міжнародні M [60].

На третьому рівні обчисленого ієрархічного дерева відображаються фактори та чинники впливу для кожної групи, які визначаються в процесі експертного оцінювання. Експертами визначено для кожної групи впливу сім найважливіших факторів впливу [64]. Перелік найбільш впливових факторів у кожній групі впливу може бути таким:

- ***виробничі*** - швидкість відновлення економіки - $в_1$, наявність можливостей науково-технічних винаходів - $в_2$, експортна орієнтація економіки - $в_3$, використання ІТ - $в_4$, технології енергозбереження - $в_5$, зміни в типах масової комунікації - $в_6$, рівень розвитку науково-технічного прогресу - $в_7$.
- ***економічні***: рівень інфляції - e_1, баланс бюджету - e_2, стабільність курсу обміну - e_3, загальноекономічне регулювання держави та регулювання у територіальній громаді - e_4, ставки податків - e_5, ставки ввізного та вивізного мита - e_6, борг та процентні ставки за активними кредитами - e_7.
- ***соціально-культурні*** – соціальна структура суспільства - c_1; соціально-побутові можливості різних груп населення, поведінкові фінанси - c_2, суспільна напруженість - c_3, культурні та релігійні традиції - c_4, рух споживачів - c_5, роль професійних спілок - c_6, рівень безробіття - c_7.
- ***політичні*** - розподіл уповноважень між органами влади - n_1, політична система суспільства - n_2, демонополізація економіки та розвиток конкуренції - n_3, державна податкова політика - n_4, державна політика щодо інвестицій - n_5, політика в сфері приватизації - n_6, спеціальні вільні економічні зони - n_7.

- ***конкурентні*** - уразливість продукту чи послуг конкурентів - k_1, передбачені зміни у стратегії підприємств-конкурентів - k_2, інтенсивність надання продукту чи послуг конкуренції - k_3, оцінка поточної стратегії конкурентів - k_4, слабкі сторони та сильні сторони конкурентів їхні технології бюджетування - k_5, рівень технологічного розвитку конкурентів - k_6, гнучкість конкупентів та їх швидкість реакції на зміни - k_7.
- ***ринкові*** – динаміка попиту на продукти та послуги підприємства - p_1, динаміка пропозиції на продукти та послуги підприємства - p_2, доходи різних соціальних верств населення - p_3, насиченість ринку товарами чи послугами - p_4, життєвий цикл товару чи послуги - p_5, місткість ринку - p_6, ринкова інфраструктура - p_7.
- ***міжнародні*** - обмеження міжнародними організаціями (ЄС, ООН, СОТ) - m_1, зміна ненаціональних валютних курсів - m_2, зміна політичного курсу у світі - m_3, стратегії захисту галузі, у якій працює підприємство - m_4, стратегії розширення галузі, у якій працює підприємство - m_5, кризи зумовлені воєнно-політичними конфліктами- m_6, екологічні кризи - m_7.

На другому етапі реалізації вдосконаленого MAI [65] для другого рівня ієрархії на основі аналізу, що із семи груп впливів (*B, E, C, K, P, R, M*) вносить найбільший вклад в створені загроз або можливостей для підприємства, будується *A* - матриця попарних порівнянь. Для побудови матриці *A* необхідно кожній групі впливів *B, E, C, K, P, R* та *M* поставити у відповідність ваги важливості w_b, w_e, w_c, w_k , w_p, w_r, і w_m.

Для оцінювання ваг важливості w_b, w_e, w_c, w_k , w_p, w_r, і w_m використовується накопичена стратегічна інформація для досліджуваних підприємств та модифікована шкала ваг важливості. Модифікована шкала ваг важливості факторів впливу наведена на рис. 2.6.

Вага важливості	Визначення	Пояснення
1	Однакова важливість.	Рівний вплив двох факторів на роботу підприємства.
3	Деяка перевага одного фактору над іншим.	Аналіз інформації показує легку перевагу одного чинника впливу над іншим
5	Суттєву або сильну перевагу одного фактору над іншим.	Аналіз інформації показує суттєву перевагу одного чинника впливу над іншим.
7	Суттєва перевага	Одному фактору впливу надається велика перевага, так, що він стає набагато більш вагомим.
9	Дуже суттєва перевага.	Очевидна перевага одного фактору впливу над іншими.
2, 4, 6, 8	Проміжні величини між сусідніми рівнями.	Застосовуються в проміжних рішеннях.

Рис. 2.6. Модифікована шкала ваг важливості факторів впливу

Формування матриці А здійснюється шляхом порівняння ваги кожної групи факторів впливу з вагами інших груп факторів впливу та записується так:

$$A=\begin{array}{c|ccccccc} & E & C & P & B & R & K & M \\ \hline E & a_{11}=\frac{w_e}{w_e} & a_{12}=\frac{w_c}{w_e} & a_{13}=\frac{w_p}{w_e} & a_{14}=\frac{w_b}{w_e} & a_{15}=\frac{w_r}{w_e} & a_{16}=\frac{w_k}{w_e} & a_{17}=\frac{w_m}{w_e} \\ C & a_{21}=\frac{w_e}{w_c} & a_{22}=\frac{w_c}{w_c} & a_{23}=\frac{w_p}{w_c} & a_{24}=\frac{w_b}{w_c} & a_{25}=\frac{w_r}{w_c} & a_{26}=\frac{w_k}{w_c} & a_{27}=\frac{w_m}{w_c} \\ P & a_{31}=\frac{w_e}{w_p} & a_{32}=\frac{w_c}{w_p} & a_{33}=\frac{w_p}{w_p} & a_{34}=\frac{w_b}{w_p} & a_{35}=\frac{w_r}{w_p} & a_{36}=\frac{w_k}{w_p} & a_{37}=\frac{w_m}{w_p} \\ B & a_{41}=\frac{w_e}{w_b} & a_{42}=\frac{w_c}{w_b} & a_{43}=\frac{w_p}{w_b} & a_{44}=\frac{w_b}{w_b} & a_{45}=\frac{w_r}{w_b} & a_{46}=\frac{w_k}{w_b} & a_{47}=\frac{w_m}{w_b} \\ R & a_{51}=\frac{w_e}{w_r} & a_{52}=\frac{w_c}{w_r} & a_{53}=\frac{w_p}{w_r} & a_{54}=\frac{w_b}{w_r} & a_{55}=\frac{w_r}{w_r} & a_{56}=\frac{w_k}{w_r} & a_{57}=\frac{w_m}{w_r} \\ K & a_{61}=\frac{w_e}{w_k} & a_{62}=\frac{w_c}{w_k} & a_{63}=\frac{w_p}{w_k} & a_{64}=\frac{w_b}{w_k} & a_{65}=\frac{w_r}{w_k} & a_{66}=\frac{w_k}{w_k} & a_{67}=\frac{w_m}{w_k} \\ M & a_{71}=\frac{w_e}{w_m} & a_{72}=\frac{w_c}{w_m} & a_{73}=\frac{w_p}{w_m} & a_{74}=\frac{w_b}{w_m} & a_{75}=\frac{w_r}{w_m} & a_{76}=\frac{w_k}{w_m} & a_{77}=\frac{w_m}{w_m} \end{array} \quad (2.1)$$

Очевидно, що матриця попарних порівнянь А є обернено-симетричною, тобто

$$a_{kl}=\frac{1}{a_{lk}} \quad (2.2)$$

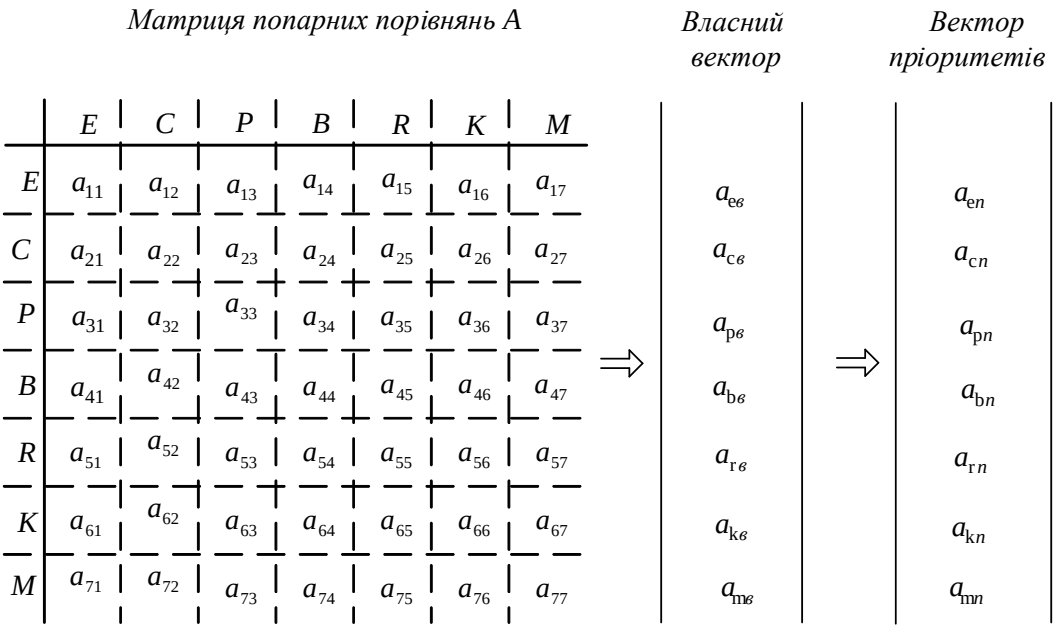
де індекси l, k – відповідно номер стрічки та стовпця.

Для оцінки степеня відхилення від узгодженості при формуванні матриці парних порівнянь використовується індекс узгодженості (ІУ), який обчислюється за таким виразом:

$$ІУ=\frac{\lambda_{\max}-n}{n-1} \quad (2.3)$$

де n – розмірність матриці, λ_{max} – найбільше власне значення матриці, яке обчислюється шляхом додавання елементів кожного стовпця, а згодом сума елементів першого стовпця множиться на перший елемент нормалізованого вектора пріоритетів, сума другого – на другий елемент і т.д., а потім отримані числа додаються.

Для знаходження вектора пріоритетів матриці А необхідно спершу обчислити власний вектор матриці, а згодом його нормалізувати. Процедура знаходження вектора пріоритетів виконується наступним чином:



(2.4)

Знаходження власних векторів передбачає знаходження добутку елементів у кожному рядку і знаходження кореня *n*-ї степені, де *n* – кількість елементів у стрічці. Елементи власного вектора матриці $a_в$ знаходимо так:

$$a_{ев} = \sqrt[7]{a_{11} \times a_{12} \times a_{13} \times a_{14} \times a_{15} \times a_{16} \times a_{17}}$$

$$a_{св} = \sqrt[7]{a_{21} \times a_{22} \times a_{23} \times a_{24} \times a_{25} \times a_{26} \times a_{27}}$$

$$a_{рв} = \sqrt[7]{a_{31} \times a_{32} \times a_{33} \times a_{34} \times a_{35} \times a_{36} \times a_{37}}$$

$$a_{вв} = \sqrt[7]{a_{41} \times a_{42} \times a_{43} \times a_{44} \times a_{45} \times a_{46} \times a_{47}}$$

$$a_{гв} = \sqrt[7]{a_{51} \times a_{52} \times a_{53} \times a_{54} \times a_{55} \times a_{56} \times a_{57}}$$

$$a_{кв} = \sqrt[7]{a_{61} \times a_{62} \times a_{63} \times a_{64} \times a_{65} \times a_{66} \times a_{67}}$$

$$a_{мв} = \sqrt[7]{a_{71} \times a_{72} \times a_{73} \times a_{74} \times a_{75} \times a_{76} \times a_{77}}$$

(2.5)

Використовуючи значення власного вектора $a_в$ ($a_{ев}$, $a_{св}$, $a_{рв}$, $a_{вв}$, $a_{гв}$, $a_{кв}$, $a_{мв}$) знаходимо елементи вектора пріоритетів $А_п$ наступним чином:

$$a_{en} = \frac{a_{ев}}{a_{ев} + a_{св} + a_{рв} + a_{вв} + a_{гв} + a_{кв} + a_{мв}}$$

$$a_{сп} = \frac{a_{св}}{a_{ев} + a_{св} + a_{рв} + a_{вв} + a_{гв} + a_{кв} + a_{мв}}$$

$$a_{рп} = \frac{a_{рв}}{a_{ев} + a_{св} + a_{рв} + a_{вв} + a_{гв} + a_{кв} + a_{мв}}$$

$$a_{bn} = \frac{a_{bв}}{a_{eв} + a_{cв} + a_{pв} + a_{bв} + a_{rв} + a_{kв} + a_{mв}}$$

$$a_{rn} = \frac{a_{rв}}{a_{eв} + a_{cв} + a_{pв} + a_{bв} + a_{rв} + a_{kв} + a_{mв}} \quad (2.6)$$

$$a_{kn} = \frac{a_{kв}}{a_{eв} + a_{cв} + a_{pв} + a_{bв} + a_{rв} + a_{kв} + a_{mв}}$$

$$a_{mn} = \frac{a_{mв}}{a_{eв} + a_{cв} + a_{pв} + a_{bв} + a_{rв} + a_{kв} + a_{mв}}$$

Третій етап реалізації вдосконаленого МАІ стосується третього рівня ієрархії, де для кожної із семи груп впливів (ринкової – R; конкурентної – K; економічної – E; соціально-культурної – C; політичної – П; виробничої – B; міжнародної - M) будується матриці попарних порівнянь. Для побудови таких матриць попарних порівнянь необхідно визначити ваги важливості факторів впливів в кожній групі у відповідно з модифікованою шкалою ваг важливості (рис. 2.6). Визначення ваг важливості факторів впливу в кожній групі здійснюється шляхом експертного оцінювання накопиченої стратегічної інформації про впливи досліджуваних підприємств.

Шляхом експертного оцінювання факторів впливу економічної групи e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6 і e_7 для даних факторів визначаються ваги важливості w_{e1}, w_{e2}, w_{e3}, w_{e4}, w_{e5}, w_{e6} і w_{e7}. На основі даних ваг важливості формується матриця попарних порівнянь E. Формування даної матриці здійснюється шляхом порівняння ваги кожного фактору впливу з вагами інших факторів впливу. Використовуючи сформовану матрицю попарних порівнянь *E* обчислюємо власний вектор *Ев*, а пізніше вектор пріоритетів *En*.

Матриця попарних порівнянь

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6	e_7
e_1	$e_{11}=\frac{w_{e1}}{w_{e1}}$	$e_{12}=\frac{w_{e2}}{w_{e1}}$	$e_{13}=\frac{w_{e3}}{w_{e1}}$	$e_{14}=\frac{w_{e4}}{w_{e1}}$	$e_{15}=\frac{w_{e5}}{w_{e1}}$	$e_{16}=\frac{w_{e6}}{w_{e1}}$	$e_{17}=\frac{w_{e7}}{w_{e1}}$
e_2	$e_{21}=\frac{w_{e1}}{w_{e2}}$	$e_{22}=\frac{w_{e2}}{w_{e2}}$	$e_{23}=\frac{w_{e3}}{w_{e2}}$	$e_{24}=\frac{w_{e4}}{w_{e2}}$	$e_{25}=\frac{w_{e5}}{w_{e2}}$	$e_{26}=\frac{w_{e6}}{w_{e2}}$	$e_{27}=\frac{w_{e7}}{w_{e2}}$
e_3	$e_{31}=\frac{w_{e1}}{w_{e3}}$	$e_{32}=\frac{w_{e2}}{w_{e3}}$	$e_{33}=\frac{w_{e3}}{w_{e3}}$	$e_{34}=\frac{w_{e4}}{w_{e3}}$	$e_{35}=\frac{w_{e5}}{w_{e3}}$	$e_{36}=\frac{w_{e6}}{w_{e3}}$	$e_{37}=\frac{w_{e7}}{w_{e3}}$
e_4	$e_{41}=\frac{w_{e1}}{w_{e4}}$	$e_{42}=\frac{w_{e2}}{w_{e4}}$	$e_{43}=\frac{w_{e3}}{w_{e4}}$	$e_{44}=\frac{w_{e4}}{w_{e4}}$	$e_{45}=\frac{w_{e5}}{w_{e4}}$	$e_{46}=\frac{w_{e6}}{w_{e4}}$	$e_{47}=\frac{w_{e7}}{w_{e4}}$
e_5	$e_{51}=\frac{w_{e1}}{w_{51}}$	$e_{52}=\frac{w_{e2}}{w_{e5}}$	$e_{53}=\frac{w_{e3}}{w_{e5}}$	$e_{54}=\frac{w_{e4}}{w_{e5}}$	$e_{55}=\frac{w_{e5}}{w_{e5}}$	$e_{56}=\frac{w_{e6}}{w_{e5}}$	$e_{57}=\frac{w_{e7}}{w_{e5}}$
e_6	$e_{16}=\frac{w_{e1}}{w_{e6}}$	$e_{62}=\frac{w_{e2}}{w_{e6}}$	$e_{63}=\frac{w_{e3}}{w_{e6}}$	$e_{64}=\frac{w_{e4}}{w_{e6}}$	$e_{65}=\frac{w_{e5}}{w_{e6}}$	$e_{66}=\frac{w_{e6}}{w_{e6}}$	$e_{67}=\frac{w_{e7}}{w_{e6}}$
e_7	$e_{71}=\frac{w_{e1}}{w_{e7}}$	$e_{72}=\frac{w_{e2}}{w_{e7}}$	$e_{73}=\frac{w_{e3}}{w_{e7}}$	$e_{74}=\frac{w_{e4}}{w_{e7}}$	$e_{75}=\frac{w_{e5}}{w_{e7}}$	$e_{76}=\frac{w_{e6}}{w_{e7}}$	$e_{77}=\frac{w_{e7}}{w_{e7}}$

$E=$ $\Rightarrow$ Власний вектор $\Rightarrow$ Вектор пріоритетів

Власний вектор	Вектор пріоритетів
$e_{1в}$	e_{1n}
$e_{2в}$	e_{2n}
$e_{3в}$	e_{3n}
$e_{4в}$	e_{4n}
$e_{5в}$	e_{5n}
$e_{6в}$	e_{6n}
$e_{7в}$	e_{7n}

(2.7)

Наступним кроком є визначення ваг важливості факторів впливу для соціально-культурної (c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7), політичної (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7), виробнично-технологічної (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7), ринкової (r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7), конкурентної ($к_1$, $к_2$, $к_3$, $к_4$, $к_5$, $к_6$, $к_7$) та міжнародної (m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7) груп. Для визначення ваг важливості перерахованих факторів впливу використовується процедура експертного оцінювання, яка ґрунтується на аналізі стратегічної інформації про стан оточуючого середовища підприємств, що досліджуються. В результаті оцінки експертів для кожного з факторів впливу отримуємо ваги їх важливості, які записують так:

- c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7 - $w_{c_1}, w_{c_2}, w_{c_3}, w_{c_4}, w_{c_5}, w_{c_6}, w_{c_7}$;
- p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7 – $w_{p_1}, w_{p_2}, w_{p_3}, w_{p_4}, w_{p_5}, w_{p_6}, w_{p_7}$;
- b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7– $w_{b_1}, w_{b_2}, w_{b_3}, w_{b_4}, w_{b_5}, w_{b_6}, w_{b_7}$;
- r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6, r_7– $w_{r_1}, w_{r_2}, w_{r_3}, w_{r_4}, w_{r_5}, w_{r_6}, w_{r_7}$;
- $к_1$, $к_2$, $к_3$, $к_4$, $к_5$, $к_6$, $к_7$ – $w_{к_1}, w_{к_2}, w_{к_3}, w_{к_4}, w_{к_5}, w_{к_6}, w_{к_7}$;
- m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_6, m_7– $w_{m_1}, w_{m_2}, w_{m_3}, w_{m_4}, w_{m_5}, w_{m_6}, w_{m_7}$.

Після отримання ваг важливості факторів впливу для чинників *C, P, B, R, K* та *M* переходимо до формування відповідних матриць попарних порівнянь. Процес формування матриць попарних порівнянь *C, P, B, R, K* та *M* є аналогічним до процесу формування матриці E, тобто зводиться до порівняння в групах впливу ваги кожного фактору з вагами інших факторів.

Формуємо відповідні матриці попарних порівнянь та обчислюємо власні вектори та вектори пріоритетів для наступних груп впливу:

- соціально-культурної групи факторів впливу

$$C=\begin{array}{c|ccccccc} & c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & c_5 & c_6 & c_7 \\ \hline c_1 & c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} & c_{16} & c_{17} \\ c_2 & c_{21} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} & c_{26} & c_{27} \\ c_3 & c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35} & c_{36} & c_{37} \\ c_4 & c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45} & c_{46} & c_{47} \\ c_5 & c_{51} & c_{52} & c_{53} & c_{54} & c_{55} & c_{56} & c_{57} \\ c_6 & c_{61} & c_{62} & c_{63} & c_{64} & c_{65} & c_{66} & c_{67} \\ c_7 & c_{71} & c_{72} & c_{73} & c_{74} & c_{75} & c_{76} & c_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{vmatrix} c_{1в} \\ c_{2в} \\ c_{3в} \\ c_{4в} \\ c_{5в} \\ c_{6в} \\ c_{7в} \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} c_{1n} \\ c_{2n} \\ c_{3n} \\ c_{4n} \\ c_{5n} \\ c_{6n} \\ c_{7n} \end{vmatrix} \quad (2.8)$$

- політичної групи факторів впливу

$$P=\begin{array}{c|ccccccc} & p_1 & p_2 & p_3 & p_4 & p_5 & p_6 & p_7 \\ \hline p_1 & p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} & p_{16} & p_{17} \\ p_2 & p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} & p_{26} & p_{27} \\ p_3 & p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} & p_{36} & p_{37} \\ p_4 & p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} & p_{46} & p_{47} \\ p_5 & p_{51} & p_{52} & p_{53} & p_{54} & p_{55} & p_{56} & p_{57} \\ p_6 & p_{61} & p_{62} & p_{63} & p_{64} & p_{65} & p_{66} & p_{67} \\ p_7 & p_{71} & p_{72} & p_{73} & p_{74} & p_{75} & p_{76} & p_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{vmatrix} p_{1в} \\ p_{2в} \\ p_{3в} \\ p_{4в} \\ p_{5в} \\ p_{6в} \\ p_{7в} \end{vmatrix} \Rightarrow \begin{vmatrix} p_{1n} \\ p_{2n} \\ p_{3n} \\ p_{4n} \\ p_{5n} \\ p_{6n} \\ p_{7n} \end{vmatrix} \quad (2.9)$$

- виробничо-технологічної групи факторів впливу

$$B=\begin{array}{c|ccccccc} & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & b_6 & b_7 \\ \hline b_1 & b_{11} & b_{12} & b_{13} & b_{14} & b_{15} & b_{16} & b_{17} \\ b_2 & b_{21} & b_{22} & b_{23} & b_{24} & b_{25} & b_{26} & b_{17} \\ b_3 & b_{31} & b_{32} & b_{33} & b_{34} & b_{35} & b_{36} & b_{37} \\ b_4 & b_{41} & b_{42} & b_{43} & b_{44} & b_{45} & b_{46} & b_{47} \\ b_5 & b_{51} & b_{52} & b_{53} & b_{54} & b_{55} & b_{56} & b_{57} \\ b_6 & b_{61} & b_{62} & b_{63} & b_{64} & b_{65} & b_{66} & b_{67} \\ b_7 & b_{71} & b_{72} & b_{73} & b_{74} & b_{75} & b_{76} & b_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} b_{1в} \\ b_{2в} \\ b_{3в} \\ b_{4в} \\ b_{5в} \\ b_{6в} \\ b_{7в} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} b_{1n} \\ b_{2n} \\ b_{3n} \\ b_{4n} \\ b_{5n} \\ b_{6n} \\ b_{7n} \end{array} \quad (2.10)$$

- ринкової групи факторів впливу

$$R=\begin{array}{c|ccccccc} & r_1 & r_2 & r_3 & r_4 & r_5 & r_6 & r_7 \\ \hline r_1 & r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} & r_{17} \\ r_2 & r_{21} & r_{22} & r_{23} & r_{24} & r_{25} & r_{26} & r_{27} \\ r_3 & r_{31} & r_{32} & r_{33} & r_{34} & r_{35} & r_{36} & r_{37} \\ r_4 & r_{41} & r_{42} & r_{43} & r_{44} & r_{45} & r_{46} & r_{47} \\ r_5 & r_{51} & r_{52} & r_{53} & r_{54} & r_{55} & r_{56} & r_{57} \\ r_6 & r_{61} & r_{62} & r_{63} & r_{64} & r_{65} & r_{66} & r_{67} \\ r_7 & r_{71} & r_{72} & r_{73} & r_{74} & r_{75} & r_{76} & r_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} r_{1в} \\ r_{2в} \\ r_{3в} \\ r_{4в} \\ r_{5в} \\ r_{6в} \\ r_{7в} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} r_{1n} \\ r_{2n} \\ r_{3n} \\ r_{4n} \\ r_{5n} \\ r_{6n} \\ r_{7n} \end{array} \quad (2.11)$$

- конкурентної групи факторів впливу

$$K=\begin{array}{c|ccccccc} & k_1 & k_2 & k_3 & k_4 & k_5 & k_6 & k_7 \\ \hline k_1 & k_{11} & k_{12} & k_{13} & k_{14} & k_{15} & k_{16} & k_{17} \\ k_2 & k_{21} & k_{22} & k_{23} & k_{24} & k_{25} & k_{26} & k_{27} \\ k_3 & k_{31} & k_{32} & k_{33} & k_{34} & k_{35} & k_{36} & k_{37} \\ k_4 & k_{41} & k_{42} & k_{43} & k_{44} & k_{45} & k_{46} & k_{47} \\ k_5 & k_{51} & k_{52} & k_{53} & k_{54} & k_{55} & k_{56} & k_{57} \\ k_6 & k_{61} & k_{62} & k_{63} & k_{64} & k_{65} & k_{66} & k_{67} \\ k_7 & k_{71} & k_{72} & k_{73} & k_{74} & k_{75} & k_{76} & k_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} k_{1в} \\ k_{2в} \\ k_{3в} \\ k_{4в} \\ k_{5в} \\ k_{6в} \\ k_{7в} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{|c|} k_{1n} \\ k_{2n} \\ k_{3n} \\ k_{4n} \\ k_{5n} \\ k_{6n} \\ k_{7n} \end{array} \quad (2.12)$$

- міжнародної групи факторів впливу

$$M=\begin{array}{c|ccccccc} & m_1 & m_2 & m_3 & m_4 & m_5 & m_6 & m_7 \\ \hline m_1 & m_{11} & m_{12} & m_{13} & m_{14} & m_{15} & m_{16} & m_{17} \\ m_2 & m_{21} & m_{22} & m_{23} & m_{24} & m_{25} & m_{26} & m_{27} \\ m_3 & m_{31} & m_{32} & m_{33} & m_{34} & m_{35} & m_{36} & m_{37} \\ m_4 & m_{41} & m_{42} & m_{43} & m_{44} & m_{45} & m_{46} & m_{47} \\ m_5 & m_{51} & m_{52} & m_{53} & m_{54} & m_{55} & m_{56} & m_{57} \\ m_6 & m_{61} & m_{62} & m_{63} & m_{64} & m_{65} & m_{66} & m_{67} \\ m_7 & m_{71} & m_{72} & m_{73} & m_{74} & m_{75} & m_{76} & m_{77} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{c} m_{1в} \\ m_{2в} \\ m_{3в} \\ m_{4в} \\ m_{5в} \\ m_{6в} \\ m_{7в} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{c} m_{1n} \\ m_{2n} \\ m_{3n} \\ m_{4n} \\ m_{5n} \\ m_{6n} \\ m_{7n} \end{array} \quad (2.13)$$

Четвертий етап реалізації МАІ зводиться до обчислення значення показника впливу на основі інтегральної залежності $I_{\text{в}}$. Спочаку формуємо вектор глобальних пріоритетів $G=\{e_{maxn}, \text{с}_{maxn}, p_{maxn}, b_{maxn}, r_{maxn}, \text{к}_{maxn}, m_{maxn}\}$ із елементів, що є максимумами у векторах пріоритетів відповідно $R_{\text{п}}$, $\text{К}_{\text{п}}$, $\text{Е}_{\text{п}}$, С_n, $\text{Р}_{\text{п}}$, В_n і M_n, що були обчислені у формулах 2.8 - 2.13.

Значення показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності обчислюється так:

$$I_в = A_п \times G = \{a_{en}, a_{cn}, a_{pn}, a_{bn}, a_{rn}, a_{кп}, a_{mn}\} \times \{e_{maxn}, c_{maxn}, p_{maxn}, b_{maxn}, r_{maxn}, к_{maxn}, m_{maxn}\} = a_{en}\, e_{maxn} + a_{cn}\, c_{maxn} + a_{pn}\, p_{maxn} + a_{bn}\, b_{maxn} + a_{rn}\, r_{maxn} + a_{кп}\, k_{maxn} + a_{mn}\, m_{maxn}. \quad (2.14)$$

Узагальнений інтегральний показник впливу $I_в$ на підприємство враховує всі види обраних чинників, які діють на підприємство.

Наступним кроком процесу реалізації МАІ є обчислення елементів матриці G. Обчислення елементів першого рядка такої матриці G вимагає формування матриці попарних порівнянь Е з використанням оцінок експертів та обчислення для неї вектора пріоритетів [66]. Значення обчисленого вектора пріоритетів $\text{Е}_{\text{п}}$ записуються у перший рядок матриці G. Аналогічно обчислюються значення елементів інших рядків, які відповідають векторам пріоритетів матриць попарних порівнянь відповідно *C, P, B, R, K* і *M.*

На основі значень вектора A_n і матриці G обчислюється вектор глобальних пріоритетів G_n. Обчислення даного вектора виконується шляхом множення матриці G на вектор A_n.

На основі обчислених значень формується таблиця, де стовпчики відповідають векторам глобальних пріоритетів G_n, які обчислені для різних моментів часу. Ці значення записуються у матрицю часової послідовності, яка використовується для побудови графіків зміни в часі значень елементів векторів глобальних пріоритетів, тобто факторів впливу оточуючого середовища.

Значення першого, другого та наступних рядків часової послідовності відповідають зміні в часі відповідно економічного g_e, соціально-культурного g_c, політичного g_p, виробнично-технологічного g_b, ринкового g_r, конкурентного g_k та міжнародного g_m факторів впливу на роботу підприємства.

Отже вдосконалений МАІ використовує системний підхід, декомпозицію оточуючого середовища підприємства на фактори впливу, які взаємодіють в ієрархії, та реалізується на наступних принципах ідентичності та декомпозиції, які передбачають структурування середовища підприємства та його оцінювання в вигляді ієрархії та дискримінації та порівняльних суджень, які установлюють пріоритети критеріїв і оцінюють кожну із альтернатив за критеріями та виявляють найважливішу із них.

2.3. Розроблення методу адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів

Експертна діагностика того, що відбувається всередині підприємства, дослідженні зовнішніх процесів, а також планування майбутнього – це важливі етапи розробленого методу адаптивного управління підприємством з використанням виявлення слабких сигналів. Особливістю адаптивного управління є використання аналізу потенційних наслідків управління з допомогою методів прогнозування для прийняття найбільш ефективного рішення. Адаптивне управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів передбачає використання виявлення слабких сигналів для створення додаткових

шансів, щоб збільшити час для прийняття рішення, розпізнавання можливих загроз та ризиків. Розроблений метод орієнтований на застосування в умовах кризи та нестабільного зовнішнього середовища смарт-підприємства [67]. Слабкі сигнали це ранні ознаки настання подій, що суттєво впливатимуть на підприємство (сильних сигналів) і з часом слабкі сигнали стають більш достовірними. Слабкі сигнали можуть перетворюватись на сильні сигнали. Адаптивне управління підприємством базується на тому, що будь-які загрози або перспективи можливостей зростання виникають поступово, а також часто викликані появою «слабких сигналів» - сигналів-попередників. На рис.2.7. наведена схема адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів.

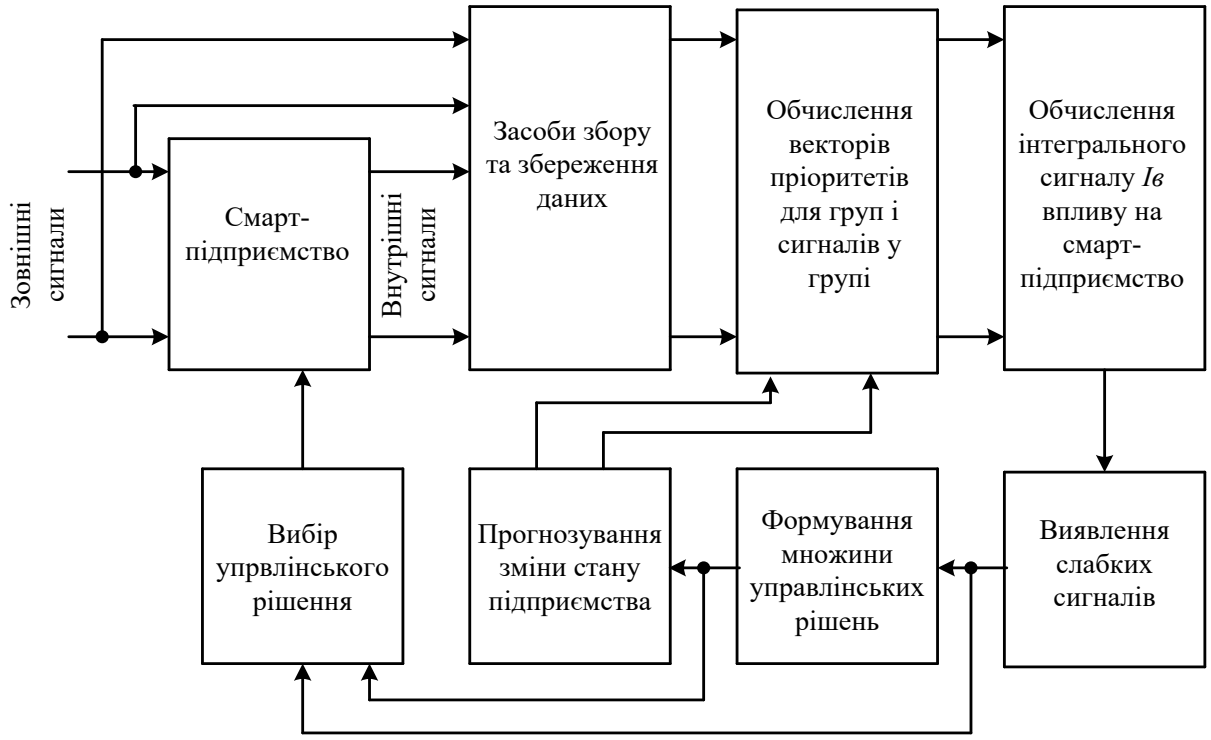


Рис.2.7. Схема адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів

Основними структурними одиницями адаптивної системи управління підприємством з використанням виявлення слабких сигналів є: інтелектуальні засоби для прийняття управлінського рішення, засоби прогнозування стану підприємства, засоби обчислення елементів матриць другого та третього рівня для

знаходження слабких сигналів, засоби обчислення інтегрального показника впливу на підприємство, засоби для збереження інтегрального показника впливу, а також даних, для подальшої бізнес-аналітики, засіб для обчислення власних векторів для відповідних матриць та їхніх векторів пріоритетів.

2.4. Етапи реалізації методу адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів

Адаптивне управління смарт-підприємством з допомогою використання слабких сигналів передбачає виконання таких послідовних кроків:

1. Збір, збереження та аналіз даних про зовнішнє та внутрішнє середовище підприємства.

2. Декомпозиція факторів впливу на смарт-підприємства на групи сигналів впливу, створення трирівневого дерева ієрархій, обчислення матриці кореляції цих показників, знаходження нормалізованих векторів пріоритетів.

3. Знаходженння інтегрального сигналу впливу $I_в$ на підприємство за формулою 2.14 з використанням $A_n=\{a_{en}, a_{cn}, a_{pn}, a_{bn}, a_{rn}, a_{кn}, a_{mn}\}$, знайденого на другому рівні та вектора глобальних пріоритетів $G=\{e_{maxn}, c_{maxn}, p_{maxn}, b_{maxn}, r_{maxn}, \kappa_{maxn}, m_{maxn}\}$, що формується на третьому рівні.

4. Шляхом співставлення допустимої величини ϵ з різницею h_j між знайденим і прогнозованим значенням показника інтегрального сигналу впливу $I_в$ на смарт-підприємство, знаходимо слабкі сигнали, які попереджують про майбутні загрози чи можливості.

5. Аналіз знайдених слабких сигналів та пошук варіантів управлінських рішень.

6. Для кожного можливого управлінського рішення здійснюємо прогноз зміни стану смарт-підприємства.

7. Пошук інтегрального сигналу впливу $I_в$ на смарт-підприємство для кожного знайденого варіанту керування з кроку 6.

8. Вибір найкращого варіанту управлінського рішення, що є найбільш ефективним.

Ефективність рішення визначається як

$$Efficiency = \frac{\text{Ів}_{\text{прогнозоване}}}{\text{Ів}_{\text{теперішнє}}} \quad (2.15)$$

Формула 2.15 використовується для порівняння рішень для визначення, найкращого та найбільш ефективного. Якщо $\text{Ів}_{\text{прогнозоване}}$ суттєво відрізняється від $\text{Ів}_{\text{теперішнє}}$, то знайдене рішення не дозволяє нівелювати ризики створені середовищем. $\text{Ів}_{\text{прогнозоване}}$ – інтегральний сигнал впливу для знайденого керування.

2.5. Нейромережевий метод прогнозування стану смарт-підприємства Адаптивний метод управління підприємством на основі нейронних мереж

Одним з засновників адаптивного управління є роботи Н. Вінера [68], який показав, що управління у технічних системах базується на “наявності зворотних зв’язків у ланцюгах керування” [69].

Серед цих факторів першочерговими факторами є вартість і якість, які впливають на складність структури, централізацію та формалізацію [70].

Існують фактори, які є поза межами підприємства, але які можуть впливати, обмежувати або висувати вимоги до компанії та на них впливати взаємодіючи з компанією. Ці фактори включають попит, пропозицію, технології, структуру ринку, економіку, закони та правила, які існують у суспільстві та формувати політику. Їх можна розділити на такі групи:

- Макроінституційні обмеження, які включають економіку, політику, культуру, закони, правила та структуру ринку. У [70] дослідженні вони включаються в правила гри, в яких компаніях існують. Ці інституційні обмеження є стабільними в короткотерміновій перспективі, але може змінитися в довготерміновій перспективі, завдяки динамічній взаємодії між ними. Різне середовище покладає на фірми різні очікування.

- Мікрооперaційні обмеження, які включають попит, пропозицію, ціна, вартість, час виконання, сервіс і конкуренти для кожної окремої компанії. На відміну від макроінституційних обмежень, мікрооперaційні обмеження можуть бути швидко змінювався за короткий час.

Коли організації все більше покладаються на бізнес-аналітику для ведення свого бізнесу, здатність різних компаній керувати та аналізувати дані, то це матиме значний вплив на їхню ефективність. Розроблено модель для вимірювання поточного рівня зрілості даних і аналітичних систем підприємства [71], щоб оптимізувати їх для максимального використання потенціалу їхніх активів. Виходячи з трьох найважливіших компонентів: людей, технології та процесу, беремо вимоги підприємства для початкового відліку. Після комплексного розгляду поточної ситуації та потреб підприємства була побудована методика визначення рентабельності [72].

Рентабельність [73] визначається співвідношенням прибутку і витрат, і виражається у відсотках. Рентабельність є відносним показником, який необхідний для аналізу господарської діяльності.

Розглянемо основні показники прибутковості підприємства:

Рентабельність вкладених коштів [74], є показником, який складається із загального рівня рентабельності підприємства, який у свою чергу дорівнює відношенню валового прибутку до повної собівартості продукції.

Іншим показником є рентабельність виробничих фондів [75], що дорівнює відношенню валового прибутку до рентабельності сукупних активів.

Рентабельністю сукупних активів [76] є відношення валового прибутку підприємства до середньої суми активів балансу підприємства.

Рентабельність власного капіталу [77] – це відношення чистого прибутку підприємства до суми власного капіталу.

І ще одним показником є рентабельність виробництва [78], що дорівнює відношенню повної собівартості реалізованої продукції до обсягу реалізації.

Ці показники та їх взаємовідношення і вплив між собою, побудова моделей і методів адаптивного управління технічними системами і процесами розглянуто в праці [79].

Побудова нейронних мереж для реалізації управління підприємством. Методи адаптивного управління можуть розглядатися за допомогою побудови нейронних мереж. Персептрон — математична модель, запропонована Ф. Розенблатом [80], яка описується перетворенням $\boldsymbol{R^n \rightarrow R}$ за допомогою формули

$$v = \sum_{i=1}^{m} \omega_{ij} x_i \qquad (2.15)$$

де $j = 1, \dots, n;$ ω_{ij} вага персептрона; x_i – значення вхідних сигналів. Після отримання результату, функція активації *f* застосовується до отриманого значення у *v*. Отримане значення порівнюється з порогом запуску θ і на основі цього приймається рішення.

Навчання перцептрону полягає в знаходженні вагових коефіцієнтів. Нехай існує набір пар векторів $(x^n, y^n), \alpha = 1, \dots . p,$ який називається навчальною вибіркою. Називатимемо нейронну мережу, навчену на заданому навчальному наборі даних, застосовуючи кожен вектор x^n до входів мережі, кожного разу отримуватимемо відповідний вектор y^n на виходах.

Метод навчання, запропонований Розенблатом [81] полягає в ітераційній заміні вагової матриці, послідовно зменшуючи похибку у вихідних векторах. Алгоритм має кілька етапів:

Крок 1. Початкові значення кроку 1 усіх ваг нейронів *W*(*t*=0) розміщуються випадковим чином.

Крок 2. Якщо завантажено вхідні дані x^n, результатом буде вихідні дані $\tilde{y}^n \neq y^n$.

Крок 3. Обчислюється вектор помилки $\delta^n = (y^n - \tilde{y}^n)$, який виконується мережею на виході.

Один з алгоритмів для знаходження мінімуму може бути алгоритм Нестерова [19]

$$W(t + \Delta T) = W(t) + \eta x^n \cdot (\delta^n)^T, \quad (2.16)$$

де $0 < \eta < 1$ – час навчання.

Крок 4: кроки 1-3 повторюємо для всіх векторів, на яких потрібно навчити. Один цикл послідовного представлення всієї вибірки є епохою. Навчання буде закінчуватися після кількох епох: а) коли ітерації збігаються, тобто вектор перестає змінюватися, або коли б) абсолютна похибка для всіх векторів стає меншою за деяке мале граничне значення.

Глибинне навчання базується на складних системах, що складаються з величезної кількості нейронів. Одна нейронна мережа може мати мільярди таких структурних одиниць, таких як нейрони або перцептрони. Відповідно є багато способів для їх структуризації. Залежно від того, як вони будуть з'єднані, можна виділити різні архітектури нейронних мереж.

Побудова багатошарової нейронної мережі. Щоб отримати більшу точність, повинні дати більше свободи нейронній мережі. Це означає, що нейронна мережа повинна мати більше одного рівня, щоб охопити базові шаблони, які існують серед тестових даних. Як класифікатор можна використовувати нейронну мережу. Можна використовувати нейронну мережу і як регресор [82].

Визначимо багатошарову нейронну мережу з двома прихованими шарами. Можна спроектувати нейронну мережу будь-яким іншим способом. У цьому випадку ми матимемо 10 нейронів у першому шарі та 6 нейронів у другому. Завдання полягає в тому, щоб передбачити одне значення, тому вихідний рівень міститиме лише один нейрон.

Розгортання ML. Використаємо створення моделі для задачі прогнозування. Для цього можна спрогнозувати ймовірність того, що підприємство буде прибутковим і матиме прибутки в майбутньому.

Штучна нейронна мережа призначена для імітації процесів навчання. Штучні нейронні мережі сконструйовані таким чином, що вони можуть розпізнавати основні закономірності, стійкі зв’язки, приховані дані і вчитися на них [83]. Їх можна використовувати для вирішення проблем класифікації, регресії та сегментації даних [84]. Перш ніж надавати дані нейронної мережі, їх необхідно

перетворити в числову форму. Наприклад, дані різного характеру, включаючи візуальні та текстові дані, часові ряди тощо. Потрібно прийняти рішення про те, як завдання мають бути представлені, щоб вони були зрозумілі для нейронних мереж.

Практична реалізація проектування задач управління підприємств передбачає вирішення відповідних задач синтезу. При цьому економіко-математична модель об'єкта повинна не тільки адекватно описувати процеси, що забезпечують отримання необхідних вихідних характеристик цього об'єкта, але й дозволяти реалізувати сам процес оптимізації. Програмне забезпечення, яке побудоване в даній роботі використовується для вирішення подібних завдань, характеризується або вузькою спеціалізацією, або має універсальне значення і вимагає неприпустимо великого часу обчислення для складних об'єктів. Більшість досліджень, пов’язаних зі штучними нейронними мережами, зосереджені на розв’язанні задач комбінаторної оптимізації та прогнозування, тому дослідження із застосування нейронних мереж є актуальними.

Етапи розробки моделі машинного навчання

Процес розробки певної моделі машинного навчання [83] складається з наступних процесів:

- підготовки та представлення даних
- проектування алгоритму
- навчання алгоритму на навчальній вибірці
- перевірки алгоритму на тестових даних

Навчальною вибіркою [85] є набір прикладів, які показують системі, щоб вона виявила певну приховану закономірність, яка відповідає за розподіл даних. Завдяки відкриттю такої закономірності система зможе використовувати її для ефективного прогнозування відповідей на тестовій вибірці.

Кожен із параметрів нейронної мережі, тобто вагових коефіцієнтів [86] адаптований для наближення функції до стану розподілу даних у тестовій вибірці [87]. Дуже часто кількість цих параметрів значно перевищує опис даних тесту.

Набір даних, який використано містить близько тисячі записів (див. табл. 2.1) про успішні та прибуткові підприємства. Багато даних у датасеті є числовими, тому

можна зробити оцінку прибутковості та порівняння в успішності управління на підприємствах.

Таблиця 2.1

Фрагмент даних про витрати та прибутки на підприємстві

	Витрати на дослідження та розробки від ВВП	Маркетингові витрати	Витрати на адміністрування	Прибуток на підприємстві
1	162597.7	151377.59	443898.53	191792.06
2	153441.51	101145.55	407934.54	191050.39
3	144372.41	118671.85	383199.62	182901.99
4	142107.34	91391.77	366168.42	166187.94
5	131876.9	99814.71	362861.36	156991.12
6	134615.46	147198.87	127716.82	156122.51
7	130298.13	145530.06	323876.68	155752.6
8	155752.6	120542.52	148718.95	152211.77
9	123334.88	108679.17	304981.62	149759.96
10	101913.08	110594.11	229160.95	146121.95

Регресія є статистичною моделлю, яка використовується для прогнозування зв’язку між незалежними та залежними змінними. У машинному навчанні незалежні змінні є функціями, тоді як залежна змінна є міткою.

Алгоритми регресії використовуються для прогнозування, оскільки мета методу регресії полягає в тому, щоб побудувати модель, яка може точно передбачити результат на основі вхідних характеристик та виявити основний зв’язок між вхідними характеристиками та результатом. Регресію можна використовувати як для неперервних, так і для категоріальних незалежних змінних. [88].

Промоделюємо залежність між витратами на дослідження та розробки від ВВП та маркетинговими витратами. Застосуємо лінійну регресію, отримаємо (рис. 2.8).

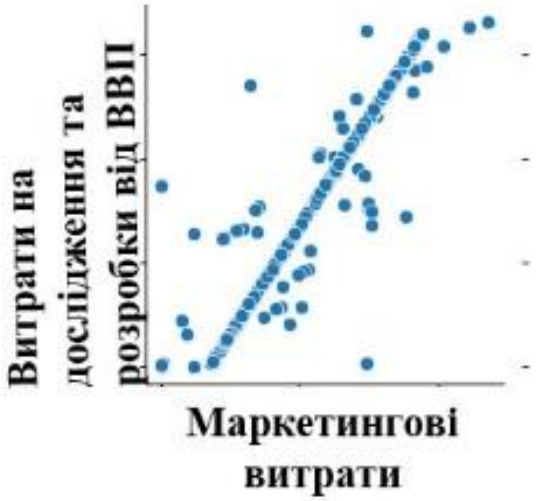


Рис.2.8. Залежність маркетингових витрат на підприємстві від витрат на дослідження розробки від ВВП

При витратах на адміністрування отримаємо криву (рис. 2.9).

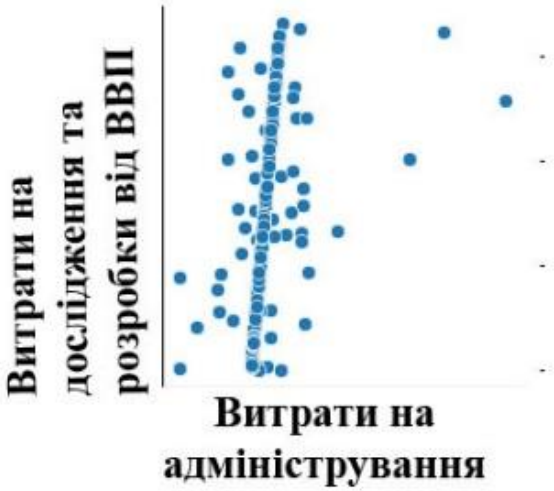


Рис. 2.9. Лінійна регресія залежності витрат на адміністрування від витрат на дослідження та розробку

Залежність витрат на дослідження та розробки від ВВП від прибутку підприємства розприділяється наступним чином (рис. 2.10).

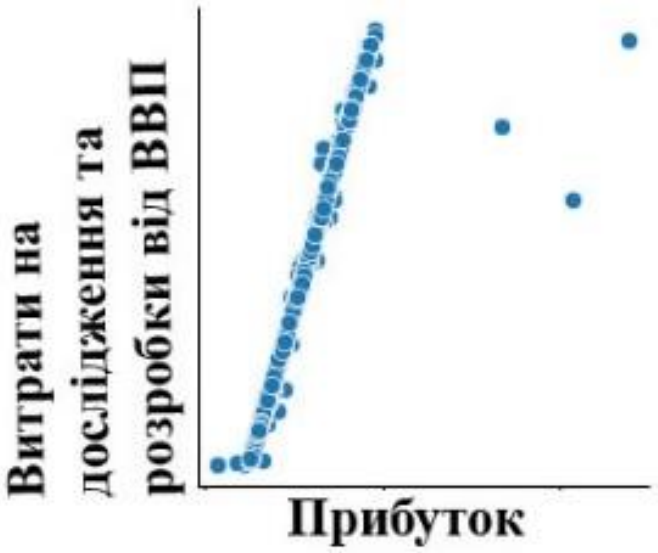


Рис. 2.10. Лінійна регресія залежності прибутку підприємства від витрат на дослідження та розробку

Натренована модель на основі логістичної регресії між витратами на дослідження та розробки від ВВП та маркетинговими витратами матиме вигляд, який показано на рис. 2.11.

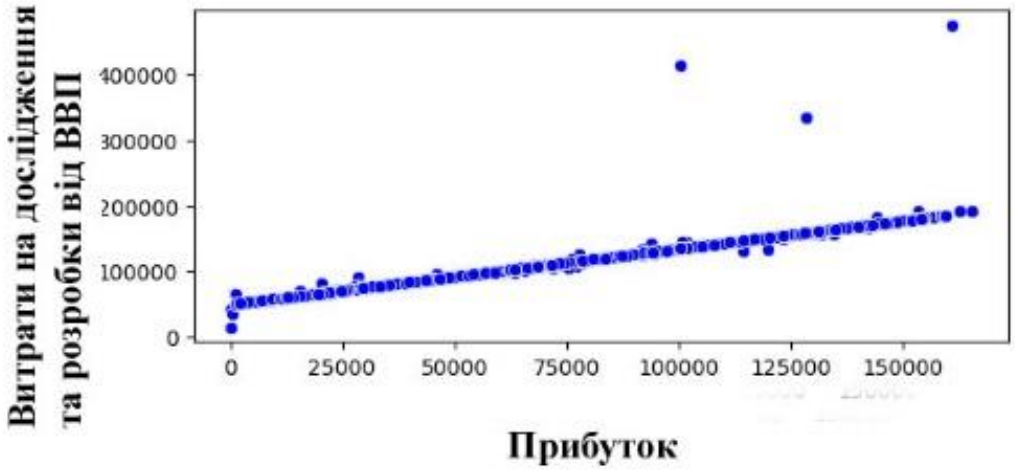


Рис. 2.11. Логістична регресія залежності прибутку підприємства від витрат на дослідження та розробку

Залежність витрат на дослідження та розробки від ВВП від маркетингових досліджень представлено на рис.2.12.

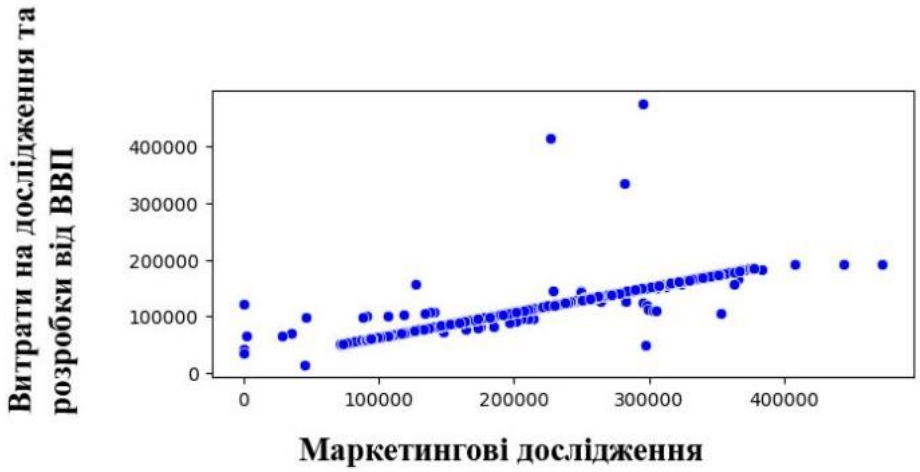


Рис. 2.12. Логістична регресія залежності прибутку підприємства від витрат на дослідження та розробку

Залежність витрат на дослідження та розробки від ВВП від витрат на адміністраторські послуги (рис.2.13).

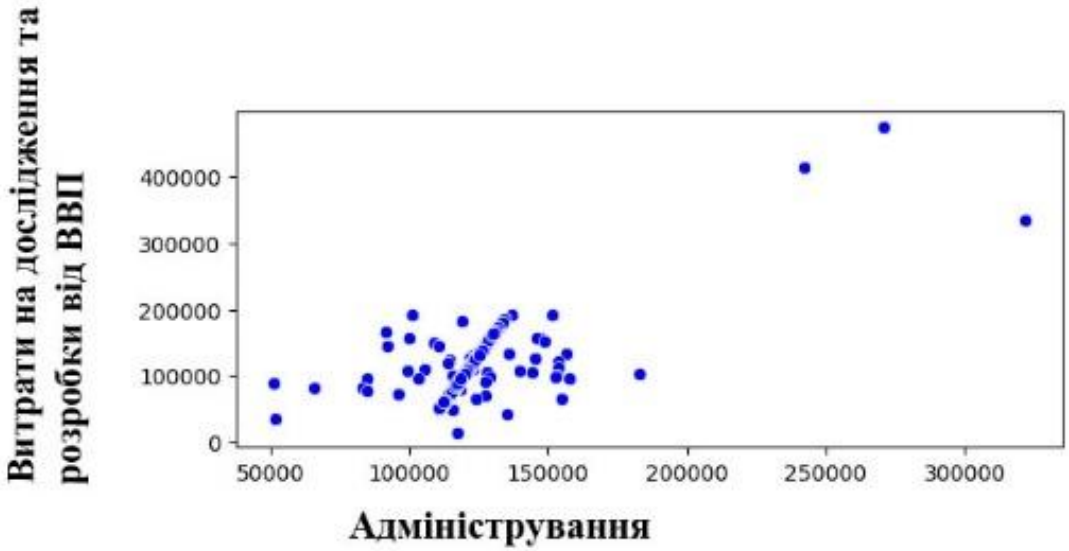


Рис. 2.13. Логістична регресія залежності адміністрування від витрат на дослідження та розробку

Час тренування датасету становив 0.014444444444444444

Linear Regression 0.997145

logistic regression 0.993078

2.6. Висновки до розділу 2

Проаналізовано методи управління підприємством, виявлено показники, які впливають на успішне функціонування підприємства на основі лінійної та логістичної регресії, та виокремлено адаптивні методи управління підприємством.

Аналіз чинників впливу дозволив оцінити стан підприємства та зв’язок між різними факторами впливу.

Розроблено програму для візуалізації прогнозування факторів впливу. Оцінено продуктиність роботи підприємства за допомогою нейронних мереж.

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ТА КОМПОНЕНТИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ

3.1. Вимоги та принципи розробки системи адаптивного управління смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів

Сучасні системи адаптивного управління (САУ) смарт-підприємством із застосуванням виявлення слабких сигналів повинні бути орієнтовані на збір, збереження, опрацювання даних і підготовку управлінських рішень у реальному часі. Особливою характеристикою роботи таких САУ повинна бути можливість дистанційного управління, висока гнучкість налаштування системи, а також застосування дротових і бездротових інтерфейсів для взаємодії між системними компонентами. Основними вимогами, які висуваються до компонент САУ, що безпосередньо находяться біля сенсорів та виконавчих механізмів є забезпечення зменшення енергоспоживання, габаритів і підвищення строку використання та надійності. Крім того, такі компоненти повинні мати засоби діагностики.

Управління смарт-підприємством із застосуванням виявлення слабких сигналів здійснюється на базі обробки у реальному часі великих обсягів інформації, які безперервно накопичуються шляхом комплексного моніторингу зовнішнього і внутрішнього середовища підприємства. Для ефективної роботи САУ смарт-підприємством з застосуванням слабких сигналів така інтелектуальна система повинна забезпечувати:

- збір та інтеграцію даних з допомогою хмарних технологій, баз та сховищ даних;
- попереднє опрацювання та аналіз накопичених даних, а також виявлення основних факторів та сигналів впливу на підприємство;
- знаходження узагальненого інтегрального сигналу впливу на смарт-підприємство;
- прогнозування узагальненого інтегрального сигналу впливу на смарт-підприємство;

- виявлення слабких сигналів та класифікація видів цих сигналів;
- візуалізація результатів знаходження узагальненого інтегрального сигналу впливу;
- адаптивні рішення для управління підприємством до раптових змін у внутрішньому та зовнішньому середовищах шляхом своєчасного прийняття методів контролю;
- оцінювання можливих наслідків прийнятих рішень за допомогою оцінки ефективності управління підприємством.

Розробку автоматизованої системи управління смарт-підприємством доцільно здійснювати на базі інтегрованого підходу, а також компонентно-орієнтованої технології. В межах даної технології розробляються компоненти автоматизованої системи управління, які інтегрують функції управління технологічними та економічними процесами смарт-підприємства. Застосування інтегрованого підходу, що включає в себе

- бізнес-аналітику та аналітичну обробку даних
- сучасні методи та засоби прийняття рішень
- моделювання, прогнозування ефекту прийнятих рішень
- зменшення вартості та часу проектування, підвищення якості продукту [89]

Для розробки САУ смарт-підприємством з використанням виявлення слабких сигналів пропонується використати такі принципи:

- інтеграції програмних, комунікаційних і комп'ютерних компонентів;
- системності, за якою між структурними одиницями САУ утворюються такі зв'язки, що забезпечують цілісність САУ та взаємодію з іншими системами;
- модульності, що дає перевагу гнучкості отриманого інтрфейсу та можливість взаємопов'язувати незалежні компоненти;
- відкритість/закритість системи, що надає можливості доповнювати функціональність системи без зміни вже розробленої компоненти;

- сумісності, що надає можливість використовувати різні протоколи зв’язку між компонентами системи;
- використання при розробці САУ комплексу базових проектних рішень.

3.2. Компонентно-орієнтована технологія розроблення САУ смарт-підприємством

Розроблення САУ смарт-підприємством будемо здійснювати базуючись на компонентно-орієнтованій технології. Для цього потрібно реалізувати поділ процесу розробки на ієрархічні рівні та види забезпечення (програмне, алгоритмічне, апаратне) [90]. Для реалізації даної технології використовується метод декомпозиції. Декомпозиція створення САУ дозволяє реалізувати окремі компоненти паралельно і пришвидшити процес розробики, а також спростити його. Окремою структурною одиницею є кожен рівень ієрархії, де розв’язуються різного виду задачі. Можна зауважити, що при збільшенні номера рівня ієрархії відповідає збільшення складності алгоритмічних, апаратних і програмних задач. Таким чином, методологія декомпозиції, яка застосовується при створенні САУ, може відображати принцип зверху вниз [90].

На першому етапі реалізації вдосконаленого МАІ опрацьовується інформація про зовнішнє (статистичні дані, законодавчі та нормативні акти, маркетингові дослідження) і внутрішнє середовище (планово-економічна, фінансова, бухгалтерська, технологічна, технічної документації, тощо) підприємств, які є об’єктами нашого дослідження. На основі даної інформації здійснюється виявлення факторів впливу, які найбільше впливають на роботу таких підприємств.

Необхідно відмітити, що взаємодія кожного конкретного підприємства з оточуючим середовищем має свою специфіку, яка залежить від розмірів підприємства, територіального розміщення, якості управління тощо [91]. Тому розробка дерева ієрархій для кожного конкретного підприємства, здійснюється шляхом уточнення груп та факторів впливів в базовому ієрархічному дереві.

Базове дерево ієрархій для створення ієрархії підприємства показано на рисунку 3.1.

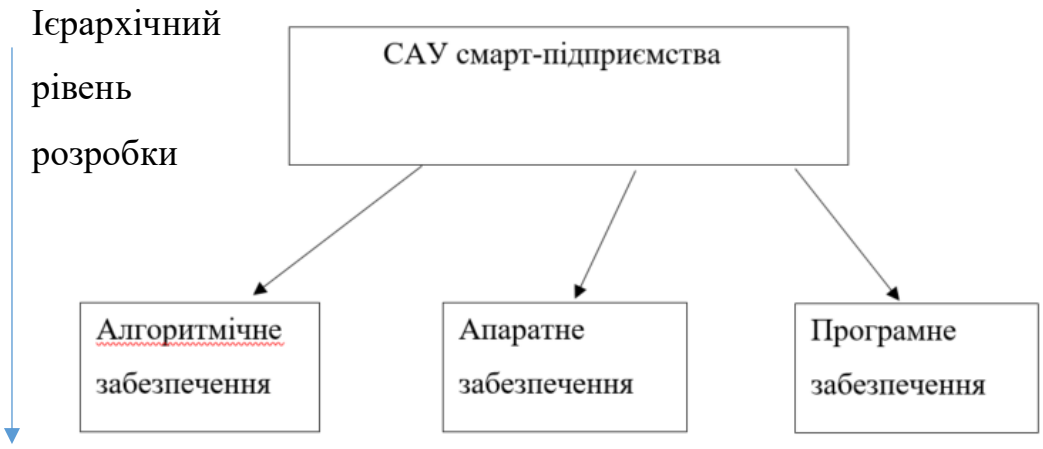


Рис. 3.1. Схема методу компонентно-ієрархічної технології із використанням ієрархій

Компонентно-ієрархічну структуру САУ можна описати формулою:

$$C_{IAC}^{1} = \bigcup_{i=1}^{n} C_{IAC}^{2i} \bigcup_{j=1}^{m} C_{IAC}^{3j}, \quad (3.1)$$

де n – кількість частин розбиття на другому рівні; m - кількість частин розбиття на третьому рівні; C_{IAC}^{2i}, C_{IAC}^{3j}, - елементи другого та третього ієрархічних рівнів [5].

Така постановка задачі дозволяє розбити виконання на різні підзадачі, визначити їх складність, пришвидшити розробку.

Для опрацювання неузгоджених даних будемо використовувати ряд технологій: IT_{DW} – технології збереження інформації; IT_{ITSM} – *IT*-управління, проджект менеджмент; IT_{WEB} – *веб*-технології; IT_{EDM} – технології менеджменту ділових документів (*EDM* - Enterprise Document Management); IT_{DM} –технологія дослідження даних (*DM* - Data Mining); IT_{OLAP} – аналітичне опрацювання в реальному часі; IT_{KDD} – технологія створення знань із структурованих та неструктурованих джерел (*KDD* - Knowledge Discovery in Database).

Тому в САУ смарт-підприємством доцільно використовувати інтегровану інформаційну технологію опрацювання інформації:

$$IT_{SFC} = \{IT_{DW}, IT_{WEB}, IT_{ITSM}, IT_{OLAP}, IT_{EDMS}, IT_{DM}, IT_{KDD}\}. \quad (3.2)$$

3.3. Виділення рівнів та види інтеграції при розробці САУ смарт-підприємством

Сучасні системи автоматичного управління смарт-підприємством будуються на системній інтеграції, що базується на системному підході, який охоплює всі рівні інтегрування процесів, об'єктів, суб'єктів, та інфраструктури з урахуванням ефективності їх використання та вимог до конкретного застосування.

При розробці САУ смарт-підприємством на основі системної інтеграції використовується сім рівнів інтеграції.

До першого рівня входить інтеграція бізнес-процесів на підприємствах, яка зводиться до IT-забезпечення виробництва, інтегрування замовлень, тестуванню продукції та спостереження за бізнес-процесами. Щоб виконати цей рівень інтеграції, використовуються інтернет технології та комунікаційні технології.

*До другог*о користувацького *рівня* належить інтеграція засобів для активної співпраці користувачів системи із ресурсами системи. Для реалізації інтерфейсу використовуються системи керування вікнами [92]; системи управління інтерфейсом користувача; спеціалізовані системи [93].

До третього рівня відноситься архітектурний рівень, де визначається спосіб побудови системи та інформаційних технологій, комп'ютерних, комунікаційних засобів. Така архітектура використовується для моделювання та розвинення технологій.

До четвертого рівня інтеграція даних належать побудова і застосування різного роду сховищ даних. Для реалізації даного рівня такого виду інтеграції передбачено вбудовування структурування, фільтрацію даних, та розвиток методів машинного навчання даних.

До п'ятого рівня апаратно-програмних платформ належить знаходження їх оптимального вибору.

До шостого рівня належать апаратно-програмні засоби з характеристиками комп'ютерних систем. Цей рівень застосовується з базовими архітектурами, спільними компонентами, інтерфейсами та технологіями доступу до баз даних.

До сьомого рівня належать конструктивно-технологічні засоби, коли формується інтеграція компонентів різної важливості.

Після вертикального розбиття на ієрархії, важливо також розглянути горизонтальне поєдання між структурними одиницями САУ. Для об'єднання компонентів САУ на одному рівні ієрархії використовуються протоколи відповідних технологій.

Практично на всіх підприємствах, що використовують методи адаптивного управління повинно бути визначеним ефективність знайденого управління. Для цього потрібно враховувати різні фактори ефективного використання часу, ресурсів, бюджетних коштів, наявної матеріальної бази. Суттєвою перевагою методу управління з допомогою слабких сигналів є прозорість поняття ефективності управління. Оскільки ефективність не може визначатися кількісною характеристикою, то існують випадки, коли виявлення впливу на підприємство того чи іншого фактору є не можливим, а лише порівняння з попереднім керуванням дозволяє створити оцінку для менеджменту. Надалі розглянемо проблему оцінки управлінських рішень на прикладі вибору маркетиногової стратегії або інвестиції в різні канали спілкування з клієнтами.

Багато підприємств мають значну кількість пристроїв. Компанія може мати окремі пристрої для моніторингу виробництва, обліку запасів і обчислення заробітної плати. Спочатку кожен з цих пристроїв може працювали ізольовано від інших, але в якийсь момент часу керівництво, можливо, вирішило підключитися, щоб вони могли отримувати та співвідносити інформацію про всю компанію. Бізнесу характерно спільне використання ресурсів, а мета полягає в тому, щоб усі програми, обладнання, а особливо дані, доступні будь-кому в мережі, незалежно від фізичного розташування ресурсів і користувачів. Очевидним і широко поширеним прикладом є наявність спільної групи для офісних працівників. Кожна велика та середня компанія та багато малих підприємств дуже залежить від

оцифрованої інформації. Більшість підприємств мають записи про клієнтів, запаси, рахунки щодо дебіторської заборгованості, фінансової звітності, податкової інформації. Якщо всі його комп'ютери вийшли з ладу, підприємство не могло би функціонувати довше п'яти хвилин. Сучасне виробниче підприємство, яке має конвеєр, керований комп'ютером, також не зможе функціонувати. Навіть невелике туристичне агентство чи юридична фірма з трьох осіб тепер сильно залежать від інтернет-мережі, що дозволяє працівникам миттєво отримувати доступ до необхідної інформації та документів.

Важливим чинником є наявність досвіду обслуговування клієнтів. Досвід клієнтів значною мірою визначає загальне сприйняття клієнтами компанії. У багатоканальному середовищі, де кожен канал є джерелом продажу продукції підприємства або постачання сировини, компанії є впевнені, що координація та інтеграція між каналами є добре налагоджена. Потужною властивістю є досвід купівлі, який клієнти сьогодні очікують від підприємств.

Однак забезпечення безперебійного досвіду є недостатнім. Багатоканальне впровадження дуже складне, і клієнти змінюють свою думку та поведінку миттєво. Очікування клієнтів постійно зростають, коли вони мають більше можливостей, через збільшення доступу до даних, що полегшує навіть перехід клієнтів до конкурентів. Це передбачає повідомлення, спрямовані на налаштування і потреби клієнтів. Такий інструмент не лише забезпечує взаємодію з клієнтами, а може стати більш цілісними між каналами. Клієнтів можна згрупувати на тих, хто офлайн-орієнтований та онлайн-орієнтований або ж онлайн-і офлайн-орієнтований.

Оскільки клієнти потенційно використовують поєднання каналів, усі доступні канали повинні бути оптимізовані комплексно. Таким чином, онлайн-покупки в режимі офлайн мають перевагу особистої взаємодії покупки мають переваги персоналізації.

Через використання мобільного телефону змінюється один із головних факторів, що сприяє зростанню можливостей електронної комерції споживчої поведінки; отже, це різко спрощує мобільний шлях клієнтів, та підвищує імпульсивну купівельну поведінку споживачів.

Клієнти купують товар через інтернет. Для цього розроблено політику «webrooming», коли користувач спершу дивиться на товар онлайн, а лише потім його купує [94]. Виявлено, що це пов’язано з клієнтською впевненістю та визначеністю. Споживачі комбінують канали відповідно їхнім інформаційним потребам, створюючи індивідуальну інформацію, яка збільшує їхнє сприйняття.

Чотири типи рекламної компанії, які враховуватимуть це: мерчандайзинг, стимулювання збуту, продаж та усне спілкування.

Беручи до уваги поведінку «виставкового залу» та обговорену інформацію раніше, запропонуємо, що бренд X надає свої продукти за вищою ціною онлайн. Покупці виставкових залів, швидше за все, побачать продукт у звичайних магазинах бренду X і зрештою купити продукт онлайн, через свій смартфон, від бренду Y, якщо їх онлайн-ціна навіть нижча, ніж ціна бренду X у інтернет-магазині. Спосіб вирішення проблеми бренду X ця проблема полягає в тому, щоб ретельно розглянути та адаптувати мерчандайзинг бренду у звичайному магазині, оскільки це може покращити сенсорний досвід споживача марки X.

Bèzes [95] зосереджується на додатках розумної роздрібної торгівлі у магазинах, щоб споживачі отримали досвід. Ці програми передбачають реалізацію технологій, які забезпечують зв’язок між діяльністю в магазині та діяльністю в інтернет-магазині.

Важливим фактором, який забезпечує цей зв’язок, є дані. Проте, як споживачів не влаштовує думка про те, що збір інформації впливає на них, автори пропонують створювати програми для розумної роздрібної торгівлі.

Важливим фактором, для забезпечення зв’язку є дані [38]. Вони використовуються для застосування персоналізації. Можлива не лише персоналізована взаємодія з клієнтами, а й взаємодія у всіх каналах.

Для забезпечення зв’язку між діяльністю в Інтернеті та діяльністю поза мережею, потрібно заохочувати клієнтів використовувати смартфони та інші гаджети. Це можна зробити у формі мерчандайзингу, так званих банерів в магазині, але також шляхом продажу чи стимулювання збуту. Це слід робити обережно для обмеження дій конкурентів.

Через «webrooming», маркетологи можуть створити стратегію пом’якшення купівлі продукту. Ця стратегія може включати зміну веб-сайту, дизайн, зокрема включення розділу про відгуки клієнтів або розширену інформацію про продукт і додаткові зміни в дизайні звичайного магазину, зокрема використання тої самої інформації, що представлена в Інтернеті.

Досліджувати наслідки використання цифрових покупок споживачів слід для розробки цінових акцій для звичайних магазинів та під час покупок клієнтів. Крім того, вони також розглянули наслідки багатоканальної акції.

Щодо стимулювання збуту, Blom et al. [96] стверджує, що бізнес повинен постійно оцінювати, як їхні дії одночасно впливають на ефективність продажів і досвід бренду і від короткотермінових підвищень продуктивності [96]. Ці короткотермінові підвищення продуктивності можуть включати значні знижки, тому їх слід уникати, оскільки це принесе користь лише в короткотерміновій перспективі.

Як згадувалося раніше, Blom et al. [97] стверджують, що оскільки споживачі взаємозамінно використовують канали в багатоканальному середовищі роздрібної торгівлі, то діджиталізація дозволяє аналізувати дані споживачів та цілі споживачів. Дані, отримані з їх діяльності, можна використовувати для розробки рекламних акцій для всіх каналів. Автори визначають це як способи реклами, відповідні торговим цілям. Мета пропозиції акцій і характеристики споживчого інтересу визначають вид акцій, що найбільше підходить для багатоканального середовища.

Іншим типом стимулювання ціноутворення, який залежить від мети продажу, є купони. Купони можна отримати з будь-якого каналу та активувати в іншому. Завдяки збільшенню кількості доступних каналів кардинально змінюється шлях клієнта. Купони полегшують мотиви купівлі, оскільки вони можуть посилити взаємодію споживача з кількома каналами. Збільшуючи цю взаємодію, споживачі отримують можливість використовувати канали, яким вони віддають перевагу, підвищуючи задоволеність споживачів і, зрештою, лояльність. Приймаючи стратегію купонів, підприємства повинні бути обережними, щоб запобігти

неправильному використанню купонів у вигляді багаторазового погашення одного купона. Для цього потрібна координація між каналами. Ця координація також потрібна для того, щоб переконатися що споживачі можуть використовувати свій промокод у будь-якому каналі.

Стратегія омні-купонів, яку використовує бізнес, залежить від мети їх продажу, якщо споживачів потрібно спрямувати на мобільний канал, промо-купон має бути дійсним лише для використання в мобільному каналі.

В іншому способі залучення споживачів до певного каналу. Зокрема програм для смартфонів, зростає кількість і обсяг покупок. Тому компаніям було б вигідно залучати споживачів до своїх мобільних каналів. Стратегія, яку вони згадують у своїх дослідженнях полягає в наданні споживачам стимулів, зокрема випадкових знижок.

Де Фріз і Чжан [98] зазначає питання конфіденційності щодо мобільних транзакцій, оскільки багато клієнтів стурбовані питаннями конфіденційності під час використання мобільного каналу для операції. Ці споживачі зазвичай демонструють ухилення від ризику, коли воно приходить до впровадження мобільного каналу. Однак випадкові знижки можуть пом’якшити цю схильність до ризику поведінки, оскільки вони можуть стимулювати таких споживачів прийняти мобільний канал за рахунок вигод у витратах.

Спираючись на методі персоналізації фахівці стверджують, що вплив продавців є високий, коли йдеться про точку збуту. Продавці повинні розуміти клієнта, щоб персоналізувати інформацію та відвести їх від конкурентів. Вони могли б, наприклад, переконати відвідувачів точок збуту купити бажаний продукт онлайн, гарантуючи їм, що спеціальні переваги будуть пропонуватися лише тим, хто купує онлайн.

Це збільшує шанси уникнути конкурентної точки збуту та прийняти лояльного клієнта. Використання мобільного телефону сприяє покупці в онлайн режимі. Тоді кількість конкурентів, орієнтованих на тих покупців, які користуються мобільними телефонами зменшується.

Чим більше споживачів шукають на своїх телефонах, тим більше вони відчувають посилення контролю, що сприяє їхньому наміру покупки. На основі цієї інформації стверджується, що вільний доступ до Wi-Fi має потенціал збільшення сприйняття клієнтами досвіду контролю. Для посилення взаємодії клієнта з брендом, пропонуємо, щоб продавці взяли на себе роль «помічники з пошуку», які допомагають клієнтам шукати інформацію в Інтернеті, зокрема, відгуки, які, як виявлено, мають позитивний опосередкований вплив на намір придбати. Впровадження мобільного каналу, зокрема програми для смартфонів сприяє зростанню кількості і обсягів покупок.

Інший метод, який можна застосувати, — це метод адаптивного продажу. Його можна визначити як адаптація до наявної інформації про клієнта, вилучення даних. Цей метод має потенціал знищити межі між мобільним телефоном і продавцем і надати персоналізації в магазині, яка може посилити відносини між клієнтом і продавцем.

Інші фахівці стверджують, що веб-кімната використовується споживачами, щоб завоювати довіру в Інтернеті на етапі пошуку в послідовності купівлі, а потім підтвердити цю інформацію в магазині. Оскільки рекомендації мають позитивний ефект покупців слід заохочувати до намірів покупки.

Клієнти отримують більше можливостей, і багатоканальна роздрібна торгівля – це явище, з яким сьогодні доводиться мати справу майже кожному підприємству. Тому важливо зрозуміти яку стратегію просування можна розробити таким чином, щоб врахувати потреби та вподобання цих уповноважених клієнтів у багатоканальному каналі навколишнього середовища. Основна потреба замовника - забезпечення безперебійної роботи клієнта, що означає інтеграцію всіх каналів, які вони використовують до покупки.

Однак це не обмежується лише інтеграцією каналів, оскільки також включає узгодженість бренду та рекламне узгодження. Одним із способів досягнення цього - це забезпечення персоналізації клієнтів.

Важливо зрозуміти типи поведінки, які мають місце в багатоканальному середовищі роздрібної торгівлі.

Перше стверджує, що клієнти шукають інформацію, щоб доторкнутися до товару в магазині і, як наслідок, купити товар онлайн, можливо, у конкурента.

Використання телефону сприяло поведінці в салонах, і дослідження показали, що клієнти витрачають більші суми, купуючи товари за допомогою мобільних телефонів. Проте конкурентна точка збуту є небажаною, і її можна усунути відповідним чином, розробивши рекламну стратегію. Клієнти шукають інформацію для підтвердження в Інтернеті, а потім ідуть, щоб придбати продукт у магазині. Цей тип поведінки має місце, коли клієнти хочуть контролювати все і тому шукають розширену інформацію для підтвердження своїх суджень в Інтернеті перед покупкою товару в магазині. Там вони можуть побачити продукт.

Крім того, великі дані можна використовувати для застосування персоналізації, яка може реалізувати дуже добру взаємодію з клієнтами. Персоналізація є онлайн, за допомогою дизайну веб-сайту або програм, які стимулюють залучення. Додатково смартфон використання може полегшити інтеграцію та може заохочуватися в магазині за допомогою банерів або онлайн через стимулювання збуту.

Цей метод «стимулювання збуту» є другим аспектом стратегії просування. Відповідно до важливості накопичення даних є стратегія реклами, що відповідає цілям, оскільки це дозволяє компаніям використовувати дані клієнтів, аби надати їм рекламні акції, які відповідають їхнім цілям та вподобанням каналу.

Стратегія просування полягає в пропозиції омні-купонів, які полегшують взаємодію клієнтів із декількома каналами та, таким чином, узгодження з їхніми уподобаннями щодо каналів. Просто мерчандайзинг може допомогти перевести клієнтів з одного каналу в інший, так само можуть сприяти прибутку підприємства та продажу акцій. Обмежуючи можливість використання купонів на певних каналах, клієнти автоматично спрямовують до певного каналу. Оскільки використання мобільного каналу збільшує суму покупки, так і випадкові знижки, можуть спонукати клієнтів до цього. Використання мобільного телефону під час демонстрації також є важливим фактором змін в аспекті продажу реклами.

Мобільні телефони замінили продавців у магазинах, оскільки всю інформацію можна знайти в Інтернеті. Це призводить до зниження взаємодії та залученості клієнтів, зменшення шансів на появу лояльної поведінки. Тому торговий персонал повинен прийняти роль помічників у пошуку та допомогти клієнтам у магазині знаходити інформацію в Інтернеті. Вони знаходять відгуки або заохочують їх завантажити програму. Поняття збір даних також можна прийняти для покращення адаптивного продажу, що означає подальше використання даних клієнтів для персоналізованої взаємодії в магазині, підвищення залучення клієнтів.

Усна передача корисна для клієнтів, які демонструють «веб-румінг», бо вони відчувають потребу отримати більше контролю у формі інформації та підтвердження своїх суджень. Тому слід заохочувати всіх клієнтів передавати позитивні слова про свій досвід, який можна встановити, надаючи стимул до тих, хто поширює свій досвід.

Загалом декларуємо, що більшість потреб підприємств зосереджено на розумінні багатоканальної роздрібної торгівлі, розкритті поведінки споживачів та способів адаптації рекламних стратегій, пов’язаних із мерчандайзингом, стимулюванням збуту, продажем.

Дослідження стратегії просування в багатоканальній роздрібній торгівлі є досить розробленою темою, що пов’язана зі стратегією просування в omni-channel retailing.

Загалом багатоканальний роздрібний продаж можна розглядати як виклик для підприємств, але також можна розглядати за можливостями, які він дає. Тому можна надати компаніям загальні рекомендації щодо тем, які найцікавіші у використанні можливостей, які може принести з собою багатоканальна роздрібна торгівля.

Важливо далі розширити огляд щодо багатоканальної роздрібної торгівлі та стратегії просування. Це можна зробити за допомогою більш зосереджених оглядів, шляхом збільшення масштабу зі специфічного аспекту стратегії просування. Об'єднання декількох аналізів може забезпечити більш детальний огляд впливу багатоканальної роздрібної торгівлі на стратегію просування роздрібної торгівлі.

Можна провести емпіричне дослідження для більш чіткого розкриття управлінських наслідків ефектів (див. рис. 3.2). Прклад прогнозування задачі продажу на наступні періоди показано на рис. 3.3.

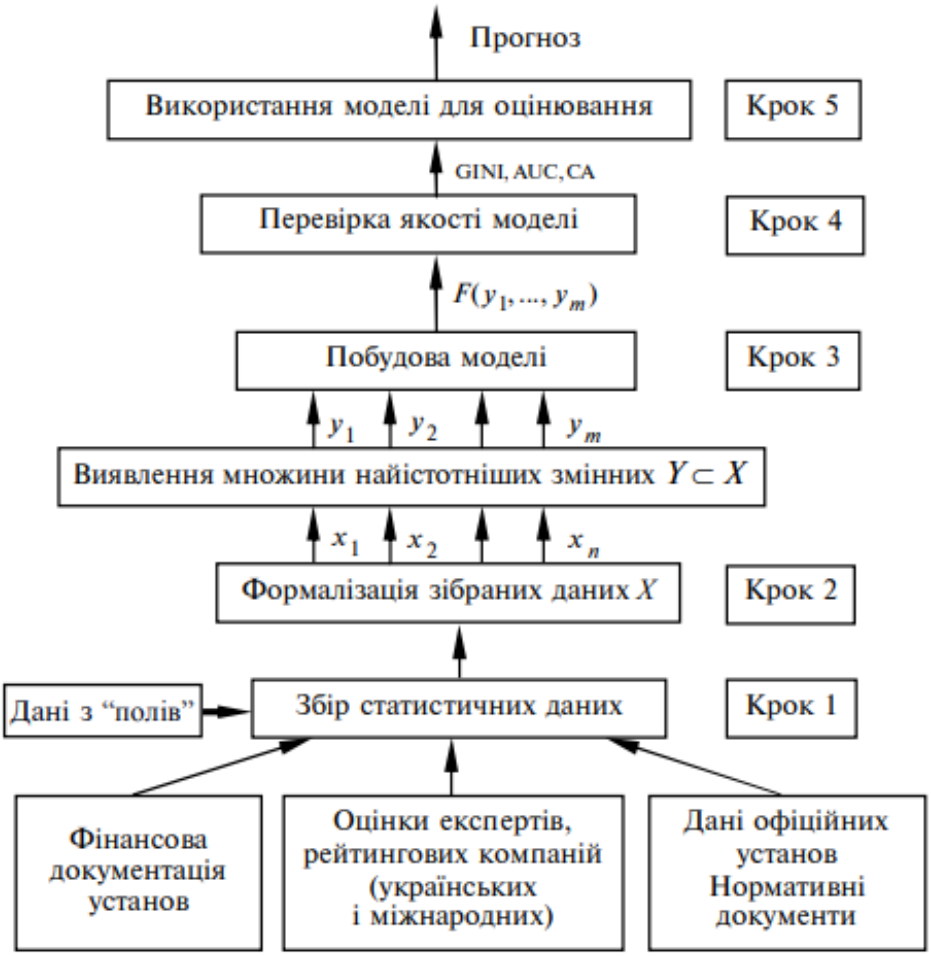


Рис. 3.2. Технологія аналізу даних і прогнозування підприємства

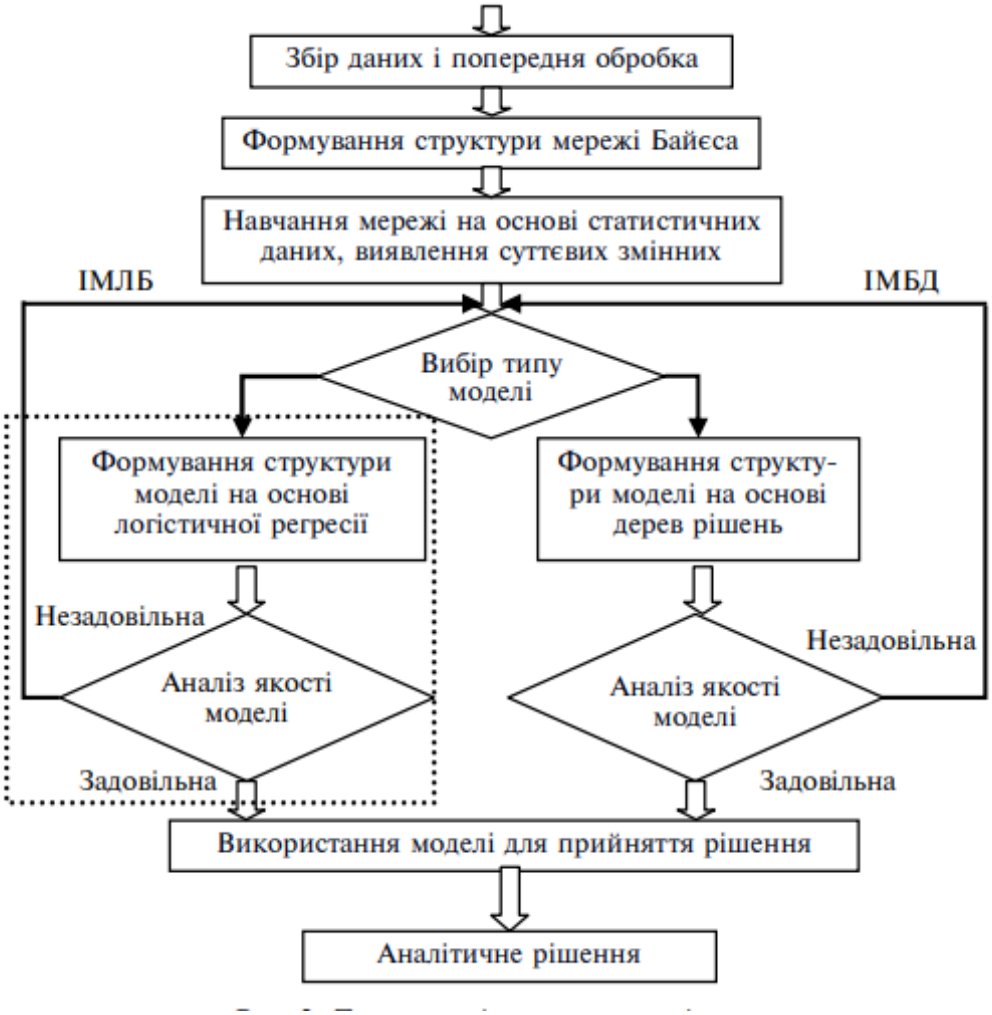


Рис.3.3. Приклад задачі прогнозування продажів на наступні періоди.

Крім того, Picot-Coupey та ін. [99] здійснили дослідження багатоканальної, міжканальної та багатоканальної роздрібної торгівлі. Цей тип дослідження також є дуже актуальним на основі теми, які обговорюються, оскільки це може виявити зміни в наслідках для побудови рекламної стратегії. Такі дослідження також підкреслюють важливість для підприємств постійно адаптувати стратегію просування відповідно до змін середовища.

Беручи до уваги вплив технологічного прогресу за останні десятиліття отримали збільшення багатоканальної роздрібної торгівлі.

Способом забезпечення персоналізації є використання штучного інтелекту як частини рекламної стратегії [100]. Майбутні дослідження можуть дослідити, як можна використовувати штучний інтелект з покращенням взаємодії із клієнтами завдяки персоналізації.

3.4. Розроблення структури САУ смарт-підприємством

Смарт-підприємства складаються із взаємозв'язаних смарт-пристроїв, основними компонентами яких є сенсори, мікроконтролери, засоби приймання та передачі даних. Всі компоненти дозволяють реалізувати передачу та обмін інформацією між процесами, середовищем підприємства і комп'ютерними системами. Оскільки у більшості випадків структура смарт-підприємств є ієрархічною та багаторівневою, тому СУ підприємствами також є ієрархічними та багаторівневими. СУ направлена на розв’язання двох основних проблем:

- важливість збору оперативної та точної інформації про зовнішнє і внутрішнє середовище смарт-підприємства у реальному часі;
- опрацювання зібраної інформації і на основі результатів її опрацювання прийняття ефективних управлінських рішень.

Основна структура САУ смарт-підприємства з застосуванням виявлення слабких сигналів наведена на рис.3.4. На рисунку використано наступні позначення: ІВМ – смарт-актуатор, ВМ – актуатор, TCP/IP – стек протоколів, що реалізовують з’єлнання в інтернет-мережі, ETL – технології управління потоками даних, ERP - планування ресурсів підприємства, IRP - системи смарт-планування і MRP – системи планування матеріальних потреб, SCADA — моніторинг та збір даних, SoC – система на чипі, MES – системи контрою та оптимізації виробничих процесів, МК – мікроконтролер (MCU), PLC – програмований логічний контролер, ІС – смарт-сенсор, СППР – система підтримки прийняття рішень, DCS - розподілена система управління.

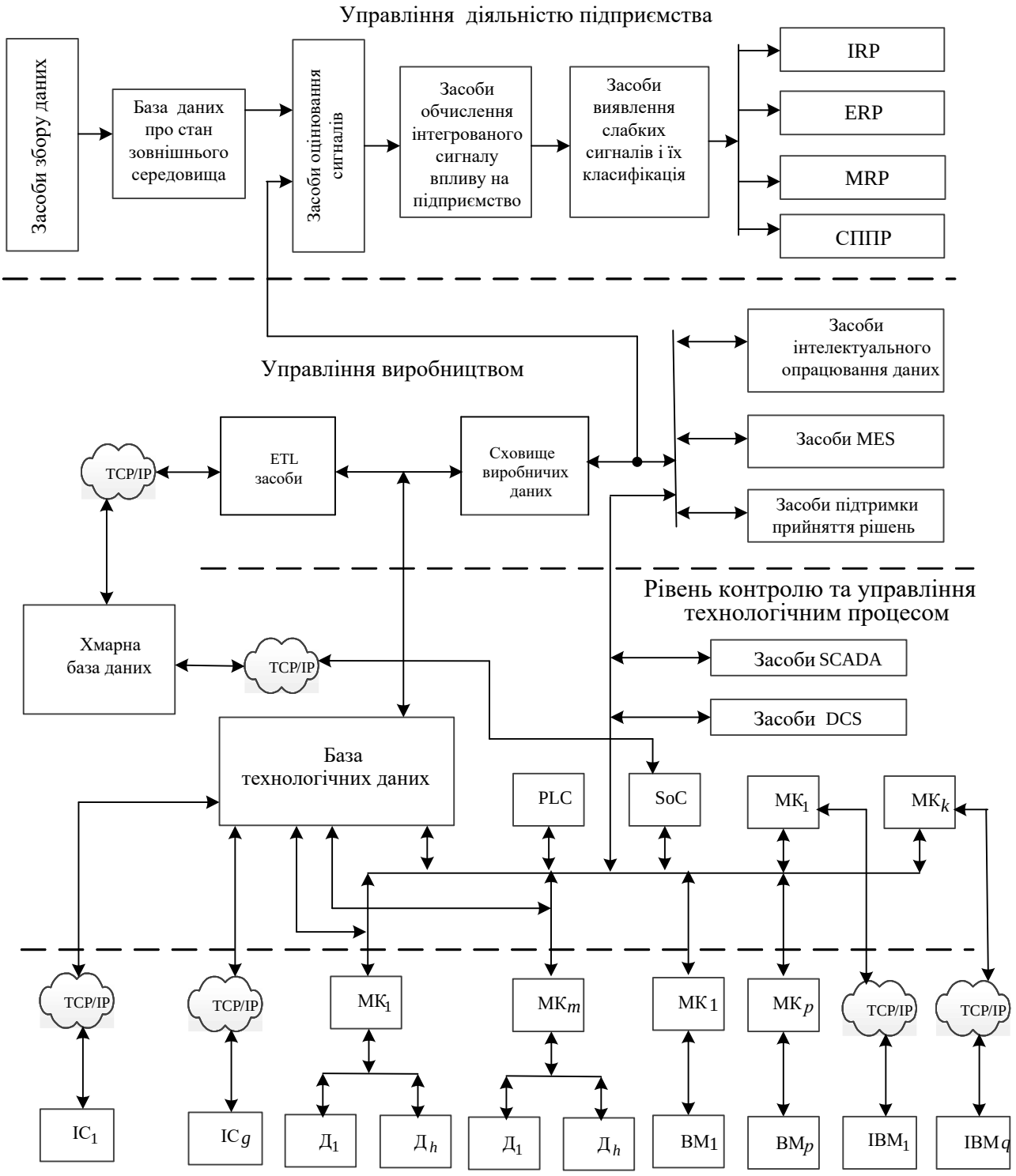


Рис. 3.4. Структура системи управління смарт-підприємством із застосування методу виявлення слабких сигналів

3.5. Розроблення пристроїв IoT для збору даних

Розвиток Індустрії 4.0 дозволив запровадити IoT у підприємства. Розглянемо можливу архітектуру IoT для управління смарт-підприємством за допомогою слабких сигналів, запропоновану в попередньому розділі. Розроблене рішення дозволяє смарт-підпримству збирати, зберігати та опрацьовувати дані, приймати рішення та застосовувати рішення експертами.

Розвиток технологій IoT дозволяє підприємству працювати без великої кількості людських ресурсів, замінюючи їхні функції на роботу пристроїв. Це дає суттєву перевагу у часі роботи, часто зменшує бюджетні витрати на персонал.

Незважаючи на велику кількість перешкод, майже всі технологічні гіганти розробили свої технологічні рішення для інтернету речей. До прикладу, Google Cloud, Azure IoT Hub or AWS IoT Core, Watson IoT platform, Mindsphere IoT OS, Oracle IoT Cloud services [101].

Існує великий вибір пристроїв-шлюзів на ринку - SIMATIC IOT2050 [102] так і вітчизняних рішення таких як FL MGUARD 1100, 2100 і 4300 [103]. Рівні IoT системи показані на рис.3.5, де відображено інформаційну модель, яка має містити програмне та апаратне забезпечення.

Враховуючи схему адаптивного управління для управління підприємством необхідно впровадити архітектуру IoT, яка дозволить керувати компанією у віддаленому режимі, здійснювати збір даних, впроваджувати рішення для опрацювання даних та аналізу даних. Було обрано механізм пристрою шлюз-хмара, тому що він дозволяє більш ефективно передавати дані. У випадку відключення електроенергії чи інтернет-з’єднання, система зможе працювати досить довго на відміну від інших варіантів IoT рішень. Пристрій шлюз може виконувати функцію управління за допомогою наперед створених сценаріїв. Це забезпечить ефективніше використання часу при перебоях у з’єднанні та гарантуватиме відсутність збоїв при роботі підприємства. Опрацювання даних проводиться без обмежень фізичних пристроїв. На рис. 3.5 показано використання мережевого шлюзового пристроїв для контролю, та сенсорів, а також їх поєднання з глобальною мережею.

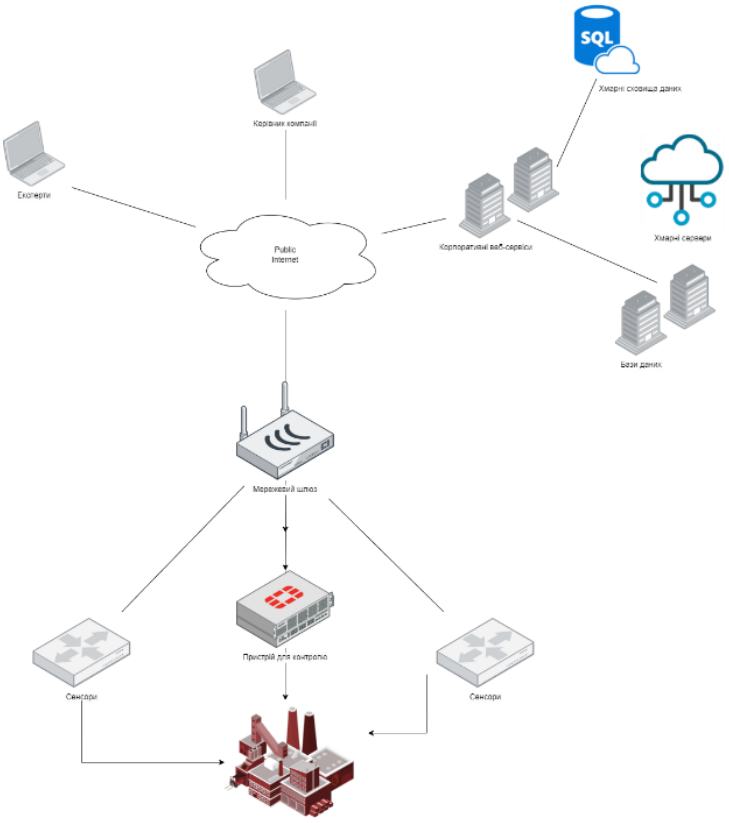


Рис. 3.5 Створення IoT рішення для управління підприємством.

3.6. Розроблення компонент збереження даних

Для розробки було використано Microsoft Azure середовище, яке дозволяє створювати хмарні рішення для збереження даних. Було створено SQL-сервер - financial-data, та на базі нього базу даних – db-finance як це показано на рис. 3.6.

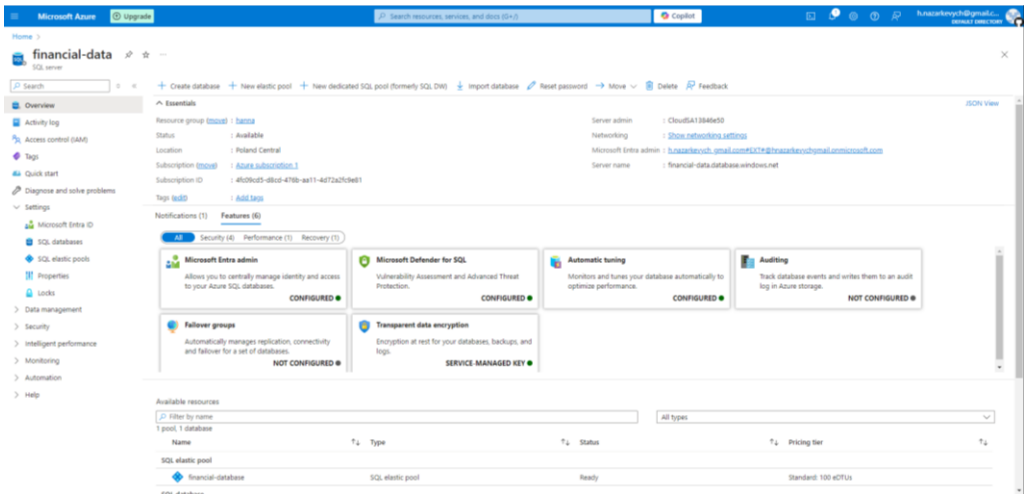


Рис. 3.6 Створення хмарного середовища даних у Microsoft Azure.

Server name: financial-data.database.windows.net

Database name: db-finance,

Authentification Type: SQL Login

UserName: CloudSA13846e50

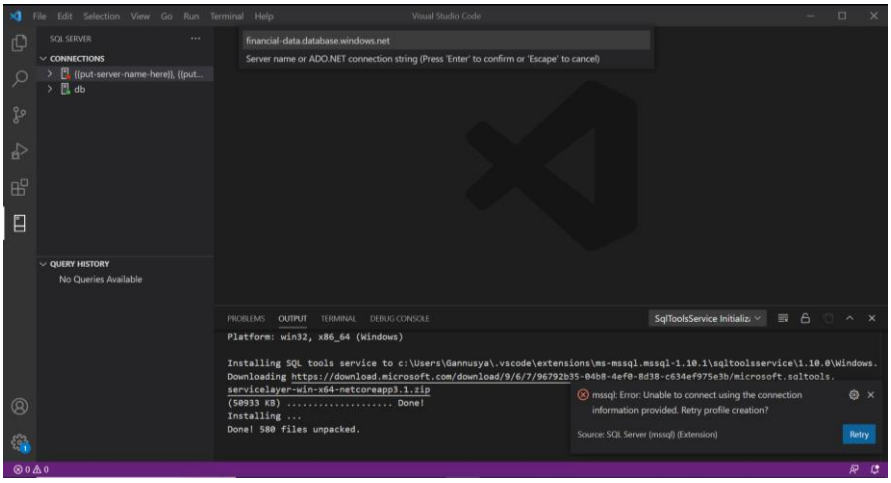


Рис. 3.7. Створення хмарного середовища даних у Visual Studio Code.

Для розробки бази даних було використано Visual Studio Code з розширеннями для MS SQL server, як показано на Рис. 3.7.

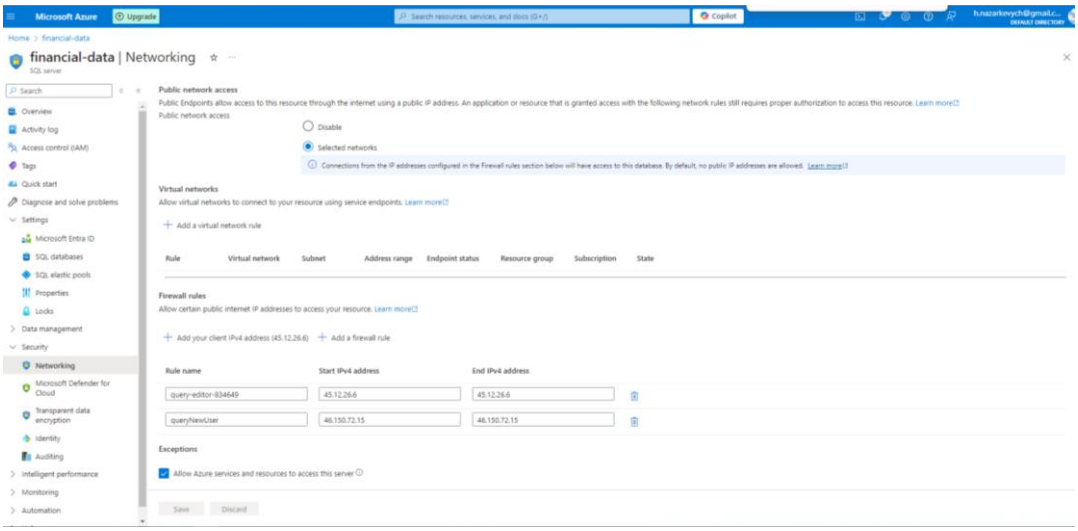


Рис. 3.8 Створення засобів управління доступу.

Для того, щоб додати нового користувача було додавно firewall rules як на рис. 3.8. Це дозволяє контролювати додавання нових користувачів та забезпечує приватність бази даних, що суттєво впливає на кібербезпеку підриємства.

Необхідно зауважити, що Microsoft Azure не є єдиним методом хмарним сервісом, що дозволяє зберігати конфіденційно дані та опрацьовувати їх. Для цього кроку також можна застостосовувати Google Cloud platform, Amazon Web services, та інші. Google Cloud SQL та Google Cloud Storage дозволяють зберігати та

опрацьовувати дані в Google Cloud platform. Amazon S3 та Amazon EC2 дозволяють опрацьовувати дані в хмарних технологіях Amazon Web services. Microsoft Azure дозволяє також керувати девайсами за допомогою Azure IoT. Схожі технології також розроблені у Google для управління розумним домом, і їх можна адаптувати для використання на підприємстві.

Розроблена база даних повинна містити дані в історичному контексті. Також варто зберігати дані з попереднього кроку методу адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів, таких як, матриці попарних порівнянь та власні вектори. Для правильного функціонування методу немає потреби зберігати усі дані за весь час функціонування підприємства, проте для розроблення кращої оцінки, а також подальшої аналітики даних підприємства, важливо зберігати дані про інтегральний сигнал впливу на підприємство за весь період часу існування підриємства.

Для формування звітів необхідно використовувати систему візуалізації даних. Для групи експертів, що оцінюють фактори впливу на підприємство це дозволить швидше оцінити ті чи інші фактори впливу. Візуалізація даних дає можливість користувачу без знань технологій сховищ даних оцінити стан підприємства. Найбільш популярні інструменти візуалізації даних – це Tableau та Power BI. Також можна використовувати програмні засоби Python та Matlab.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено систему управління смарт-підприємством з використанням методу виявлення слабких сигналів, що здійснюється на основі опрацювання великих обсягів інформації у реальному часі, що безперервно накопичуються шляхом комплексного спостереження та аналізу зовнішнього і внутрішнього середовища смарт-підприємства.

2. Побудовано ієрархічну та багаторівневу систему смарт-підприємства, яка складається із взаємозв'язаних пристроїв, основними компонентами яких є засоби приймання та передачі даних, програмне забезпечення, що реалізує передачу та

обмін даними між підприємством та його внутрішнім і зовнішнім середовищем та комп'ютерними системами, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку.

3. Розроблено адаптивний підхід до управління підприємством з використаннясм нейронних мереж.

4. Розроблено компоненти для збереження даних та засоби опрацювання даних для системи автоматизованого управління підприємством.

РОЗДІЛ 4 РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ СИСТЕМИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ

4.1. Створення програмних засобів виявлення слабких сигналів для адаптивного управління смарт-підприємством

Розроблено програму, що дозволяє виявити сигнали впливу на “розумне підприємство” та розроблено методи виявлення слабких сигналів. На рис. 4.1 наведено вікно програмного засобу, що реалізовує виявлення сигналів впливу на смарт-підприємство.

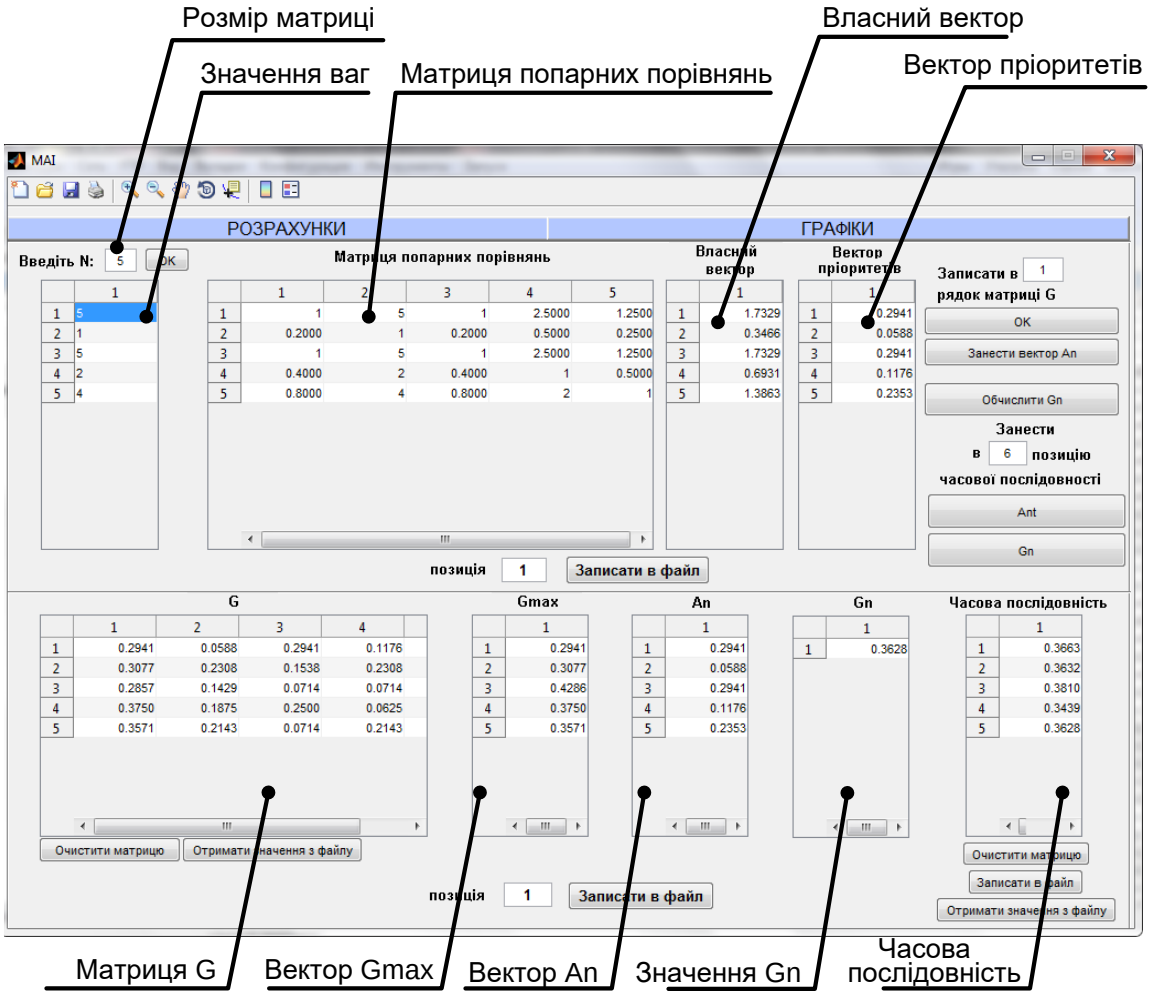


Рис.4.1. Вигляд UI програми, що реалізовує виявлення сигналів впливу на смарт-підприємство

Формування таблиці, що містить значення попарних порівнянь $A_{n\text{-}n}$, обчислення власного вектору та вектору пріоритетів A_n є кроками у програмі, що

дозволяють оцінити слабкі сигнали впливу на розглянуте підприємство. Створення таблиці зі значеннями попарних порівнянь починається із введення користувачем розмірності прямокутної таблиці у полі *N*. *N* - це розмірність матриці. Формування таблиці значень попарних порівнянь $A_{n\text{-}n}$ здійснюється шляхом порівняння одної групи сигналів впливу з іншою груп сигналів впливу. Порівняння парами значень сигналів повинно вводитись покроково експертом.

Одразу після введення значень всіх рядків маємо таблицю значень порівнянь - $A_{n\text{-}n}$ (рис. 4.2).

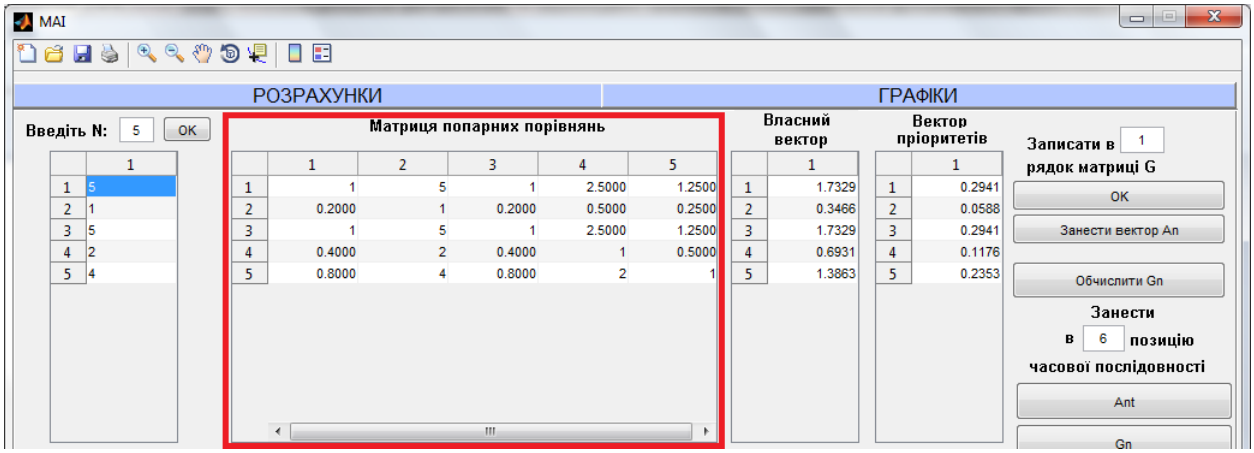


Рис.4.2. Ілюстрація результатів програмного обчислення прямокутної таблиці значень попарних порівнянь

З таблиці значень попарних порівнянь знаходиться власний вектор та відповідний вектор пріоритетів. Результати обчислення виводяться в поле значень “Власний вектор” та нормалізуються і виводяться у поле “Вектор пріоритетів” рис. 4.3.

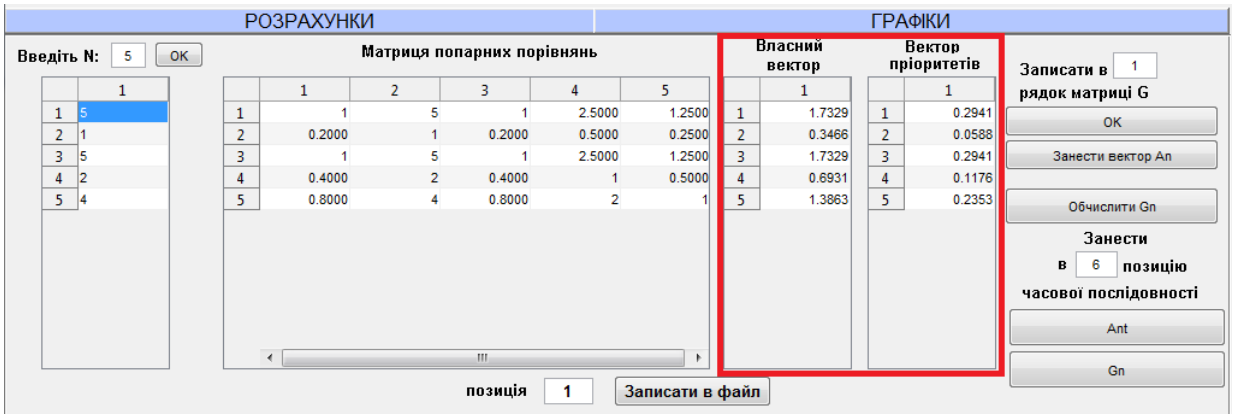


Рис. 4.3. Ілюстрація результатів програмного обрахунку вектора пріоритетів і власного вектора

Наступний етап після знаходження стовпця зі значенням вектору пріоритетів, його значення за допомогою елементу «Занести вектор A_n» передається для подальшого опрацювання. Також за допомогою кнопки «A_{nt}» значення A_n передаються у відповідні часові послідовності.

Результати проміжних обчислень можна записати у файл формату Microsoft Office Excel, *.csv допомогою UI-елементу «Записати в файл». Експортовані дані у формат Microsoft Office Excel показано на рис. 4.4.

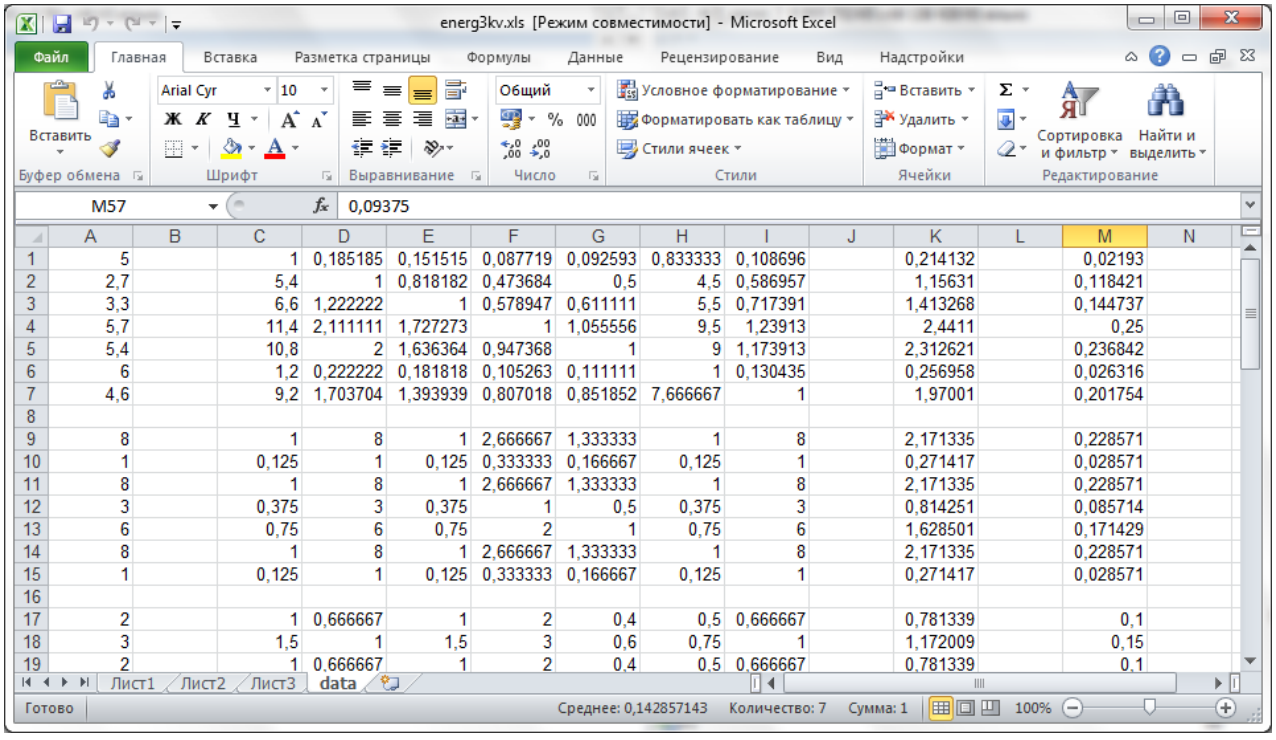


Рис. 4.4. Експорт даних проміжних етапів у Microsoft Office Excel

Для обчислення вектора пріоритетів G, які у системі позначені як глобальні, формуються елементи, які у системі є максимальними та генеруються вектори R_n, E_n, B_n, C_n, P_n, K_n і M_n, чим забезпечується крок у наступному етапі програмного застосунку. Потім обчислюємо сигнал, який містить інтегральний вплив на смарт-підприємство через скалярний добуток вектора, який містить глобальні пріоритети G на пріоритетний вектор A_n при настиканні клавіші «Обчислити G_n». Обчислений вираз сигналу впливу інтегральних значень на підприємство заноситься у поле G_n. І як наслідок, маємо обраховані значення сигналу інтегрального впливу на підприємство, та в результаті створюємо часовий ряд (див. рис. 4.5).

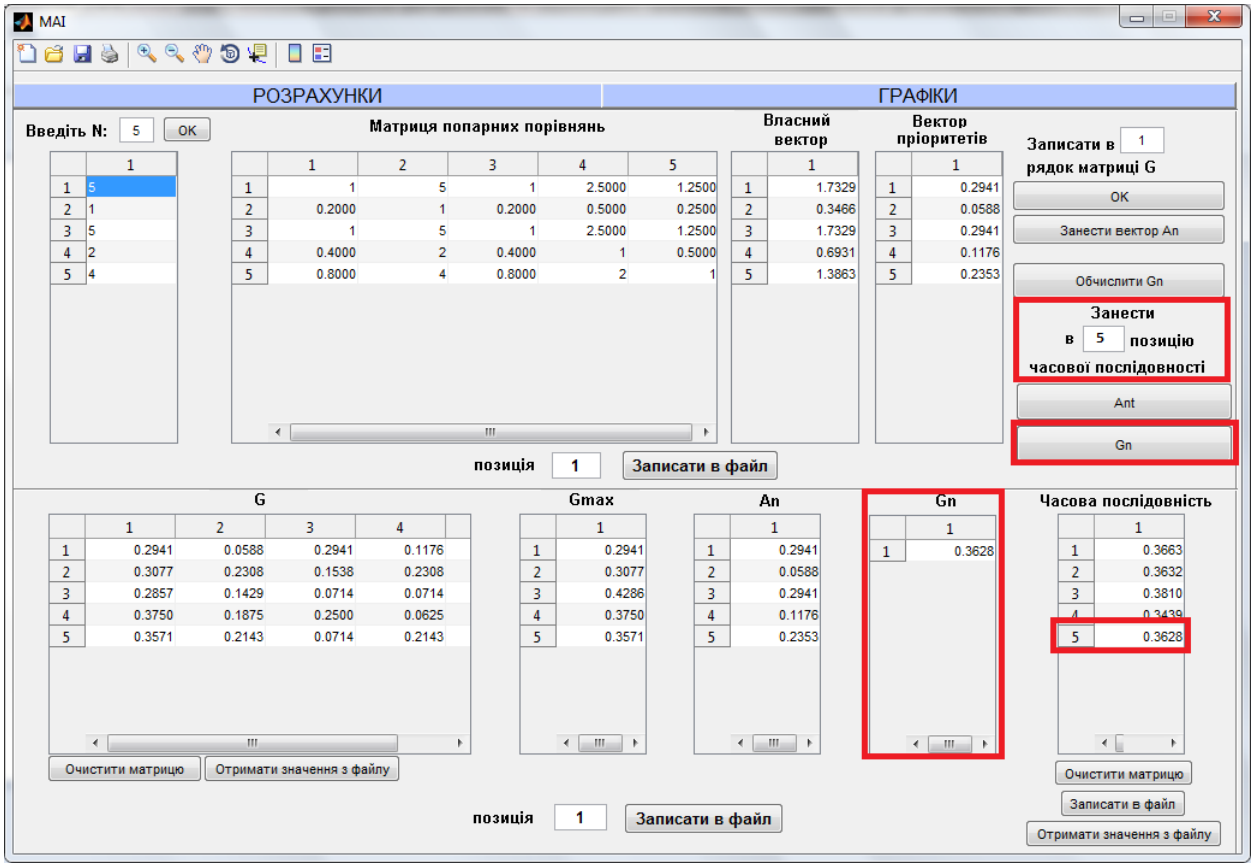


Рис.4.5. Запис значень часового ряду величини сигналів інтегрального впливу на смарт-підприємство

Щоб ідентифікувати слабкі сигнали, які нам нагадують про потенційні загрози або імовірні загрози, необхідно графічно представити реальні та прогнозовані значення сигналів впливу на смарт-підприємство. З використанням

вкладки «Візуалізація результатів» (рис. 4.6), що знаходиться у верхньому правому куті, переходимо до візуалізації результатів.

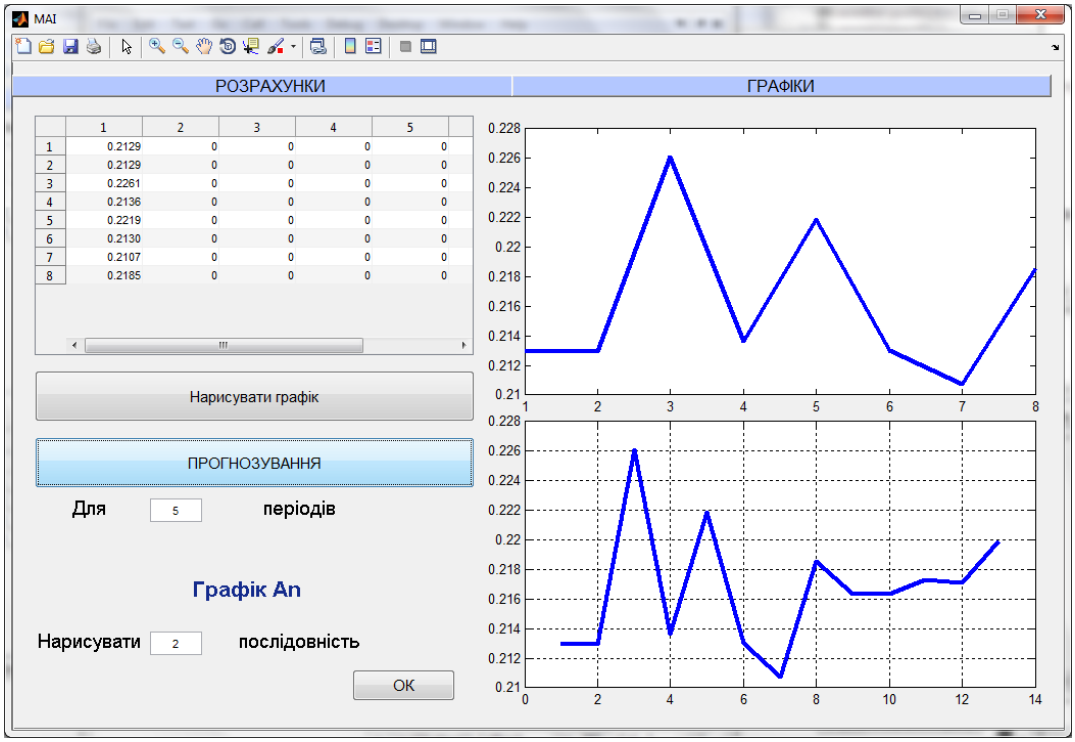


Рис. 4.6. Візуалізація результатів реального та прогнозованого значень сигналів інтегрованого впливу на смарт-підприємство

Кнопка «Зобразити графік», що на рис. 4.6 доволяє отримати візуалізацію зміни дійсних значень $I_в$ у часі. Після оголошення періоду прогнозування за допомогою UI-елементу «ПРОГНОЗУВАННЯ» будується візуалізація прогнозування майбутніх значень сигналів інтегрального впливу на смарт-підприємство.

4.2. Розроблення бази даних САУ смарт-підприємством

Проведений аналіз структурних зв’язків, за рахунок взаємодії підприємства та клієнта, яке має намір випустити новий товар. Розроблено схему бізнес-процесу компанії з збереженням баз даних. Проведено аналіз та виявлено взаємозв’язок щодо підтвердження та засвоєння виробництва нового продукту. Інтерактивне інформаційне середовище є результатом об'єднання мереж телекомунікаційних і комп'ютерів та використовується для зберігання баз даних, обміну та змін данних

через мережеві зв’язки баз даних і пов’язана з ними фізична структура в інформаційній системі вироблення нового продукту. Для вироблення нового продукту, потрібно поєднати ідею, яка ґрунтується на інформаційних ресурсах, даних та технологіях. Потрібно вивчити оточуюче середовище та виробити стратегію. При розробленні системи управління збереження баз даних часто використовується моделювання, яке використовується при побудові управлінських рішень. Узгодження з найкращою моделлю, яка обирається на попередньому етапі ґрунтується на кількості та складі рішень, які затверджено конкретним підрозділом. Створено адаптивну систему, яка може бути задіяна до проектування прийняття рішен. Сукупне розроблення системи збереження баз даних та управління включає її покращення на базі обраних цільових функцій і включає розроблення послідовності прийняття рішень і економіко-математичну модель управління на рівні менеджменту та налагодження системи захисту. У випадку якщо нові можливості є невдалими, то система має функціонувати сумісно з іншими базами даних, аби забезпечити вирішення цього питання. Створення захищеної системи для створення нового продукту в умовах адаптації включає в себе три основні стадії: оцінка моделей розробки, оцінка забезпечення проекту, планування проекту.

Дії, які повинні вирішувати захищена база даних, залежать від конкретної галузі. Галузі застосування інформаційних систем різноманітні: медицина, банківська справа, транспорт, страхування, освіта тощо. Аналізується підхід до явних проблем адаптації у безпечних нелінійних динамічних системах. Теорія функціонування адаптивних систем управління та визначення взаємодії системних методів і положень, застосовується для прийняття рішень по стандартним задачам регулювання об'єктів.

Для створення нового продукту потрібно пов’язати ідеєю, на основі інформаційних ресурсів, інформації та технологій. Потрібно зробити план дій та проаналізувати навколишнє середовище, див. рис. 4.7. У випадку, якщо створений продукт є захищеним [104], то випуск нового продукту відображено на рис. 4.7.

Для початку роботи над проєктом потрібно виявити яка мета проєкту; для кого буде втілений продукт; конкурентність продукту; яку проблематику вирішує

продукт. Потрібно визначити, що може собі дозволити замовник, чіткі терміни здачі проекту, наявність фінансів для запуску проєкту. Підготовка такого процесу зазвичай виконується на нульовому циклі.

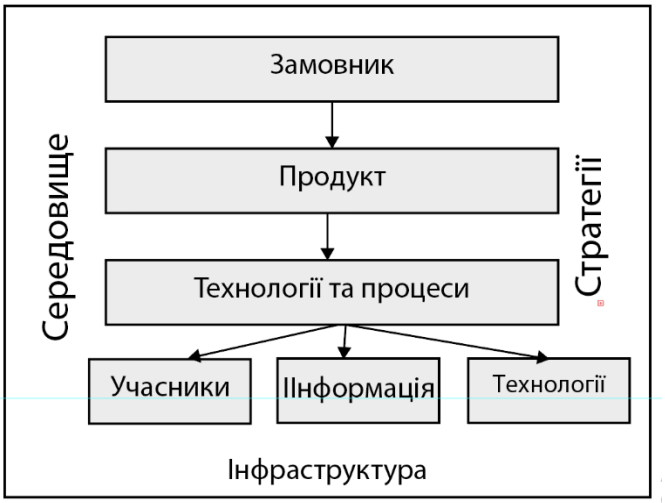


Рис. 4.7. Інфраструктура випуску нового продукту

Необхідно виділити ресурси, оскільки менеджери вважають, що існуючі процеси по роботі з клієнтами не є простими, і тому для цього необхідно виділити ресурси. Упродовж цього етапу можна взяти деякі змінні в дослідженнях, базованих на зміні уявлень про усвідомлену корисність, очікувану продуктивність, ставлення до використання, поведінкових намірів і очікувану тривалість зусиль.

Етап розвитку. Цей етап передбачає придбання або створення ресурсів, які є необхідними для впровадження вдосконалень. Цей етап є частиною прийняття, та не може бути завершеним без необхідних на те ресурсів.

Етап впровадження включає у себе планування, навчання, та будь-яке необхідне переналаштування, поступовий перехід до нової реалізації. Втілення на підприємстві передбачає кроки по наданню нових можливостей і оголошення їх моделей, застосування на протязі всього процесу з обов’язковими графіками для перевірки плану.

Технічне та експлуатаційне обслуговування є тимчасовим станом прийняття оновленої версії програмного забезпечення та баз даних. Необхідно визначити момент переходу, коли оновлена робоча система стала робочою. Є велика ймовірність того, що учасники оберуть більш ефективні методи роботи, оскільки різні частини прийнятих робочих процесів будуть органічно змінюватися.

Адаптація та впровадження систем теорії IT-інновацій означає застосування IT робочої системи.

При плануванні системи менеджменту часто використовується моделювання прийнятих рішень, яке використовується при втіленні рішень менеджменту [6]. Кількість рішень менеджменту, що використовуються в компанії, залежить від величини компанії, складності продукту, числа підрозділів. Кожний підрозділ потребує втілення цілої групи рішень. Стандартну інформаційну модель можна використовувати в якості нової.

Є доцільність випуску нової продукції, якщо:

- Відсутній темп розвитку підприємства;
- Незадоволеність працівників своєю працею, низькі зарплати;
- Неякісна продукція, втрата ринку збуту, незадоволеність клієнтів;
- Зниження прибутку впродовж довгого періоду;
- Захищеність нової продукції на низькому рівні.

Проектування рішень менеджменту вимагає покращення процесу підготовки та погодження рішень менеджменту на всіх рівнях реалізації. Проектування виробляється на основі створенної моделі.

Комплексне розроблення системи менеджменту включає її покращення на базі вибраних цільових процесів і включає розроблення процесу погодження рішень і структуру адміністрування на рівні менеджерських рішень.

Необхідними пунктами в теорії адаптивного керування:

1) аналіз, синтез і пошук структур реалізації алгоритмів адаптації визначення, нелінійного управління.

2) апарат аналізу можливостей нелінійних процесів, які не вимагають точного математичного обчислення моделей розглянутих об'єктів.

3) методи і принципи адаптації до невизначених об’єктів і моделей об'єкта, що застосовують лише фундаментальні властивості;

1 етап. Вибір структури менеджменту

Проектування смарт-системи менеджменту у реальних умовах базується на типових структурах менеджменту, в яких завжди визначена є численність функціональних підрозділів, та кількість рівнів менеджменту.

2 етап. Децентралізоване прийняття рішень по рівнях.

3 етап. Розробка того чи іншого різновиду структури менеджменту для компанії.

Клієнт звертається на смарт-підприємство із проханням щодо розробки деякої продукції. Він звертається до менеджера з продажів, який перевіряє, чи заявка зроблена у повнісю (рис. 4.8), якщо є необхідність вияснити деталі, заявка перенаправляється інженеру-технологу. Клієнт в свою чергу може подати в заявці некоректну інформацію, він може бути некомпетентним в даному питанні для формування кваліфікованої заявки, натомість заявка перенаправляється до клієнта на доопрацювання [105]. У випадку якщо інженер-технолог задає питання щодо спроможності такого виробництва, він перенаправляє заявку економісту, який в свою чергу має відповісти на всі питання. Якщо дане питання підтверджене, то готується договір щодо запуску нової продукції.

Після процесу підписання договору, відділ маркетингу проводить стратегію компанії (рис. 4.8). Втілює ідею нового продукту та підтверджує її з відділом продажів. У випадку, якщо виникають спірні питання, то ідею нового продукту переводять у відділ головного інженера. Потім появляються неточності, недоврахування майбутніх умов технологічного виробництва, конструктивні недоліки чи незадоволення термінами розробки. У випадку, якщо є невирішені питання, у такому випадку вони колективно вирішуються з підрозділом головного конструктора, та підрозділом головного технолога, та доносяться виконавцями на виробництво. У випадку якщо появляється необхідність, то передається в відділ закупівлі для придбання сировини нової продукції. Після проводиться розробка технології виробництва і робиться дослідна партія товару. Далі проводиться аналіз

оцінки пробної партії відділом фінансів, відділом продажів, відділом головного проектувальника, відділом технологів на виробництві. Після чого втілюється план просування нової продукції.

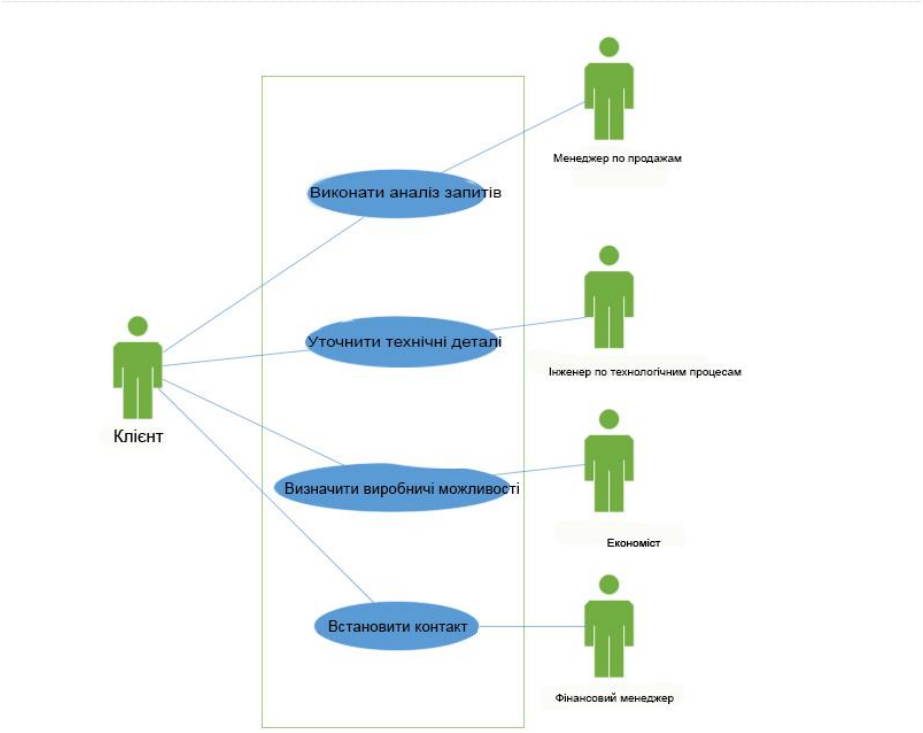


Рис. 4.8. Процес донесенння пропозицій щодо випуску нового продукту

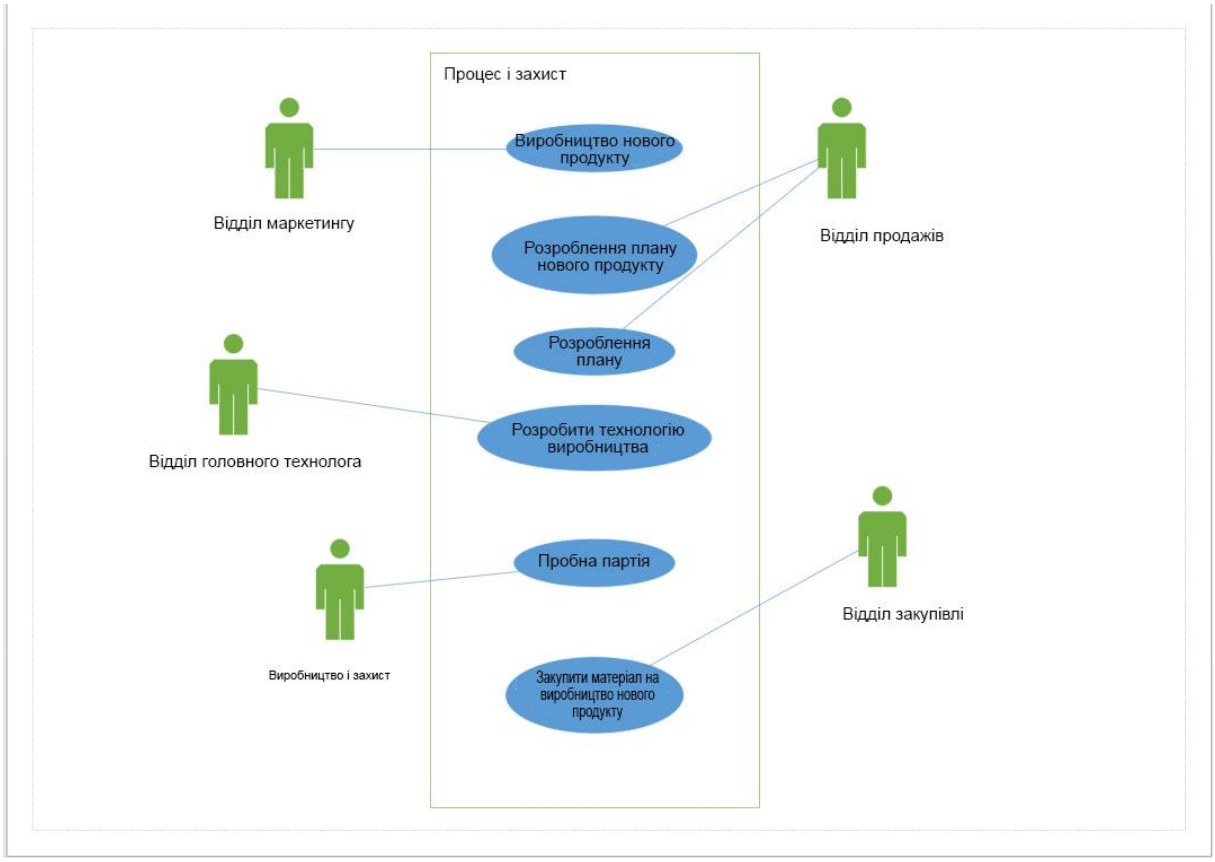


Рис. 4.9. Схема прецедентів адаптації створення нових продуктів

Компанія створює план випуску нових продуктів. Планування закупівель проводиться у групі планування маркетингу. Планування закупівель проводиться наступним чином:

Керівник групи планування маркетингу отримує звіти про продаж від контрагентів, що характеризують зовнішні та внутрішні статистичні дані про продаж продукції як показано на рис. 4.9.

Для планування покупок продукції керівник групи планування та маркетингу щотижня формує потребу в товарі на основі показників продажів. В результаті буде створена таблиця з потребами продукції.

Як показано на рис. 4.10 менеджер відділу закупівлі періодично на підставі списків вибраних постачальників та таблиці потреб у товарах і будує графіки доставки товарів із вказанням термінів періодичності, але без самої кількості доставлених товарів.

Після визначення кількості та номенклатури замовлень на товари, начальник відділу закупівель приступає до підготовки замовлення. Цей процес проводиться щомісяця, або за потреби. Підбираються найбільш вигідні умови доставки. Для цього порівнюються ціни доставок та дані, взяті з списку для закупівель. Під час вибору постачальників потрібно врахувати співпрацю, яка виникає при відстрочці платежу. Ці дані надходять із договорів, позначених як активні. У підсумку знаходимо список постачальників, а кожному товару присвоюється певний код.

Щомісяця після визначення потреби в продукції керівник групи матеріально-технічного забезпечення проводить розрахунок необхідного комплекту матеріалів. Необхідна кількість для закупівлі обчислюється на основі фактичного рівня запасів, а мінімальний та максимальний запаси обчислюються в днях. Час транспортування товару враховується при розрахунку необхідного обсягу закупівлі. За результатами складається план на місяць. Далі в групі матеріально-технічного забезпечення щодня, згідно плану, проводять доставки.

Якщо замовлення має бути зроблено в імпортного постачальника, керівник групи логістики підраховує витрати на сертифікацію та складає звіт про витрати на сертифікацію. Витрати на сертифікацію перевіряються на те, чи відповідають вони внутрішнім стандартам компанії. Цей процес виконується в міру необхідності. Формуються нові замовлення.

Підготовлені замовлення постачальника надходять щодня, а замовлення повинне бути підписане менеджером з логістики та начальником відділу маркетингу та управління складом.

Начальник групи логістики щодня відправляє замовлення на закупівлю. Начальник відділу закупівель передає замовлення постачальнику.

Добре розроблений інтерфейс має дозволяти користувачам експериментувати та стимулювати дослідницьку діяльність користувача, надаючи йому можливість виконувати помилкові послідовності дій і мати можливість

повернутися до початку в будь-який час.

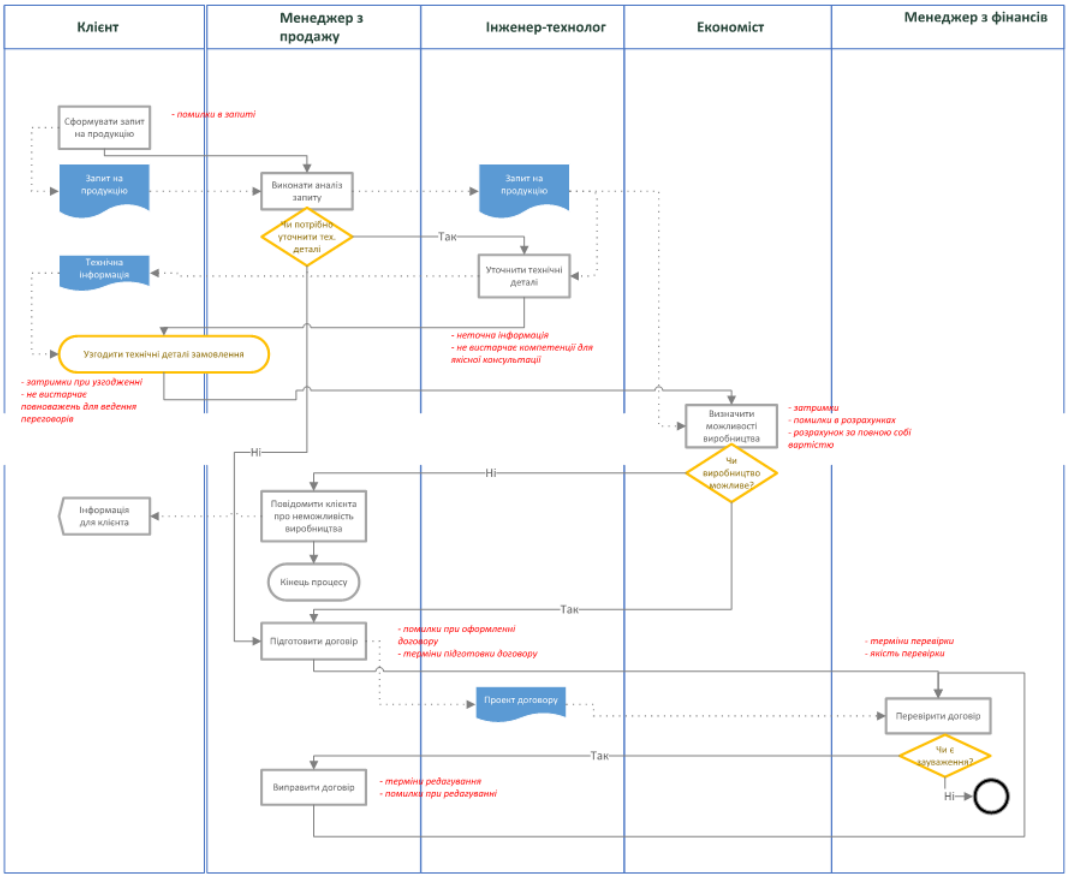


Рис. 4.10. Створення запиту на продукт в умовах адаптації

Етап експлуатації та підтримки програмного продукту є найдовшими етапами життєвого циклу створення нового продукту.

Розгортання програмного забезпечення передбачає перехід від старого бізнес-підходу, програмного чи непрограмного, до нового переходу, який є поступовий. Як стара, так і нова системи повинні працювати, щоб забезпечити повернення до рішення, якщо нові функції не працюють.

Плани проекту перевіряються змінами та перешкодами протягом життєвого циклу. Типовими обмеженнями є час і фінанси. Кожен проект має чіткий термін виконання. Одним із першочергових завдань планування проекту є оцінка існування проекту. Це обмеження задокументовані та можуть бути змінені лише в рамках офіційного процесу затвердження.

Метрики вимірюють як атрибути якості, так і правильність, надійність, продуктивність, цілісність, практичність, гнучкість і можливість тестування.

Іншим важливим застосуванням індикаторів є оцінка моделей розробки [111] на різних фазах життєвого циклу програмного забезпечення.

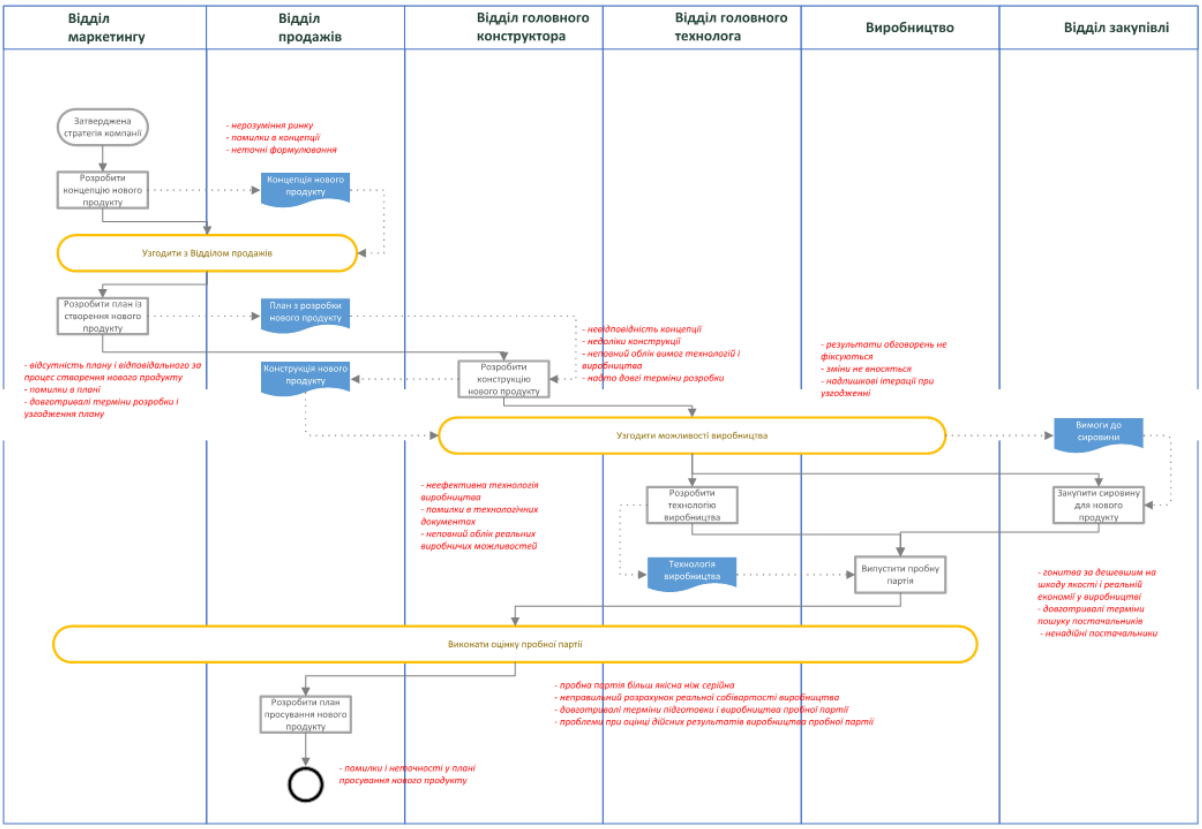


Рис. 4.11: Розроблення плану просування нового продукту

Спроба вирішення розробки нового продукту з використанням вимог, реалізованих під час виконання IT-проектів створення інформаційних систем показана на рис. 4.11.

4.3. Розроблення засобів опрацювання даних

Для того, щоб здійснювати прогнозування випуску нової продукції на підприємстві, необхідно розгорнути моделі машинного навчання. Щоб спрогнозувати прибуток підприємства, виявити показники імовірності короткотермінових прибутків, необхідно розробити базу даних та сформувати набір даних. Цей набір даних буде містити кілька незалежних предикторів і деякі цілі. Перше, що здійснюємо, це завантаження даних [106].

Для цього прикладу набір даних було завантажено локально та названо dataset.csv. Наступний фрагмент коду завантажує набір даних і виводить інформацію про DataFrame за допомогою функції info(). Далі відбувається очищення даних.

Як і з усіма наборами даних, перше завдання - очистити дані, щоб не було відсутніх чи помилкових значень. Потім здійснюється перевірка нулів в наборі даних.

Для таких функцій, як прибуток та результат, значення 0 є нормальним. Однак для інших функцій значення 0 вказує на те, що значення не фіксуються в наборі даних.

У DataFrame можна замінити їх середнім значенням кожного стовпця. Далі можна перевірити DataFrame, щоб переконатися, що тепер у DataFrame немає більше нулів [107].

Наступним кроком є вивчення того, як різні незалежні ознаки впливають на результат. Для цього можна викликати функцію corr() у DataFrame [106]

Функція corr() обчислює попарну кореляцію стовпців. Кожен наступний результат показує, що рівень прибутку підприємства мало пов’язаний з країною, у якій знаходиться фірма, але він має значний зв’язок з результатом 0,492928.

Необхідно з’ясувати, які функції суттєво впливають на результат.

Далі будуємо візуалізацію співвідношення між ознаками.

У наступному фрагменті коду використовується функція matshow() для побудови графіків результатів, повернутих функцією corr() як матриці. У той же час різні коефіцієнти кореляції також відображаються в матриці.

Інший спосіб побудувати кореляційну матрицю – це використовувати функцію heatmap() Seaborn, теплову карту, створену Seaborn.

Проведемо візуалізацію чотирьох основних характеристик, які мають найвищу кореляцію з результатом.

Перш ніж почати тренування моделі, необхідно оцінити кілька алгоритмів, аби знайти модель з найкращою продуктивністю. Відповідно можна спробувати наступні алгоритми:

- Логістична регресія
- K-Nearest Neighbours (KNN)
- Машини опорних векторів (SVM)
- Метод випадкового лісу

У першому алгоритмі використовуємо логістичну регресію. Замість того, щоб розбивати набір даних на набори для навчання та тестування, використаємо 10-кратну перехресну перевірку для отримання середнього балу.

Після навчання моделі потрібно зберегти її, щоб пізніше можна було отримати модель для прогнозування.

Навчена модель збережена у файлі з назвою dataset.sav. Завантажимо його, щоб переконатися, що він був збережений належним чином.

Після завантаження моделі зробимо деякі прогнози щодо навчання.

Далі розгортаємо модель машинного навчання як REST API. Однак спочатку встановлюємо фреймворк Flask.

Після встановлення Flask створимо текстовий файл з назвою REST _ API.py.

Попередній фрагмент коду забезпечує наступне:

- Створює маршрут /dataset/v1/predict за допомогою декоратора маршруту.
- Маршрут доступний через дієслово POST.
- Щоб зробити прогноз, користувачі здійснюють виклик на цей маршрут і передають різні функції за допомогою рядка JSON.
- Результат передбачення повертається у вигляді рядка JSON.

Далі іде тестування базової моделі.

Найпростіший спосіб перевірити API - це використовувати команду URL (встановлюється за замовчуванням у macOS) з окремого вікна терміналу або командного рядка:

Попередня команда встановлює заголовок JSON і використовує дієслово POST для підключення до REST API, що прослуховує порт 5000. Функції та їх значення для передбачення надсилаються у вигляді рядка JSON.

Коли REST API отримає надіслані йому дані, він використає їх для виконання передбачення.

Результат показує, що, розроблена математична модель забезпечує збільшення прибутку не менше ніж на 30%.

Створення клієнтської програми для використання моделі.

Після того, як REST API буде запущено та перевірено на правильну роботу, можна створити клієнтську частину.

Збережемо попередній фрагмент коду у файл і додамо код, щоб користувачі могли вводити різні значення, зокрема нові підприємства, їх прибуток та різні вхідні показники. Збережемо такий фрагмент коду у файлі з іменем Predict _ dataset.ru:

Вибираємо найкращий з алгоритмів машинного навчання, щоб можна було вибрати правильний алгоритм для конкретного набору даних.

4.4. Розроблення програмних засобів прогнозування стану смарт-підприємства

Виконуючи дану роботу було використано набір даних який складається з 950 даних.

R&D Spenc	Administra	Marketing	State	Profit
165349,2	136897,8	471784,1	New York	192261,8
162597,7	151377,6	443898,5	California	191792,1
153441,5	101145,6	407934,5	Florida	191050,4
144372,4	118671,9	383199,6	New York	182902
142107,3	91391,77	366168,4	Florida	166187,9
131876,9	99814,71	362861,4	New York	156991,1
134615,5	147198,9	127716,8	California	156122,5
130298,1	145530,1	323876,7	Florida	155752,6
120542,5	148719	311613,3	New York	152211,8

Рис 4.12. Приклад даних з набору

R&D Spend: Ця змінна відображає витрати компанії на дослідження та розробку нових продуктів або технологій. Вона може включати витрати на наукові дослідження, розробку програмного забезпечення або створення нових продуктів.

Administration: Ця змінна вказує на витрати компанії на адміністративні функції та управління. Вона може включати зарплати персоналу, витрати на оренду офісного простору, закупівлю офісного обладнання та інші витрати, пов'язані з управлінням.

Marketing Spend: Ця змінна вказує на витрати компанії на маркетингові заходи для просування продуктів або послуг. Вона може включати рекламні кампанії, участь у виставках, розробку маркетингових матеріалів та інші види маркетингових витрат.

State: Ця змінна вказує на штат, в якому знаходиться компанія. Вона може приймати значення, такі як "New York", "California" або "Florida". Ця змінна може служити як категоріальна ознака для врахування регіональних відмінностей або законодавчих особливостей.

Profit: Це цільова змінна, яку потрібно прогнозувати. Ця змінна використовується для навчання моделі прогнозування прибутку на основі інших змінних.

Метрики оцінки якості моделей. Для того щоб оцінити якісь моделей використовуємо коефіцієнт детермінації (квадрат R), Середню абсолютну похибку (MAE), Середню квадратичну помилку (MSE).

У сфері Data Science для вирішення будь-якої моделі дуже необхідно, щоб інженер/розробник оцінив ефективність моделі перед застосуванням її до набору даних. Оцінка моделі базується на певних показниках помилок. Коефіцієнт детермінації є одним із таких показників похибки [108].

Коефіцієнт детермінації, також відомий як R-квадратне значення, призначений regression error metric для оцінки точності та ефективності моделі на основі значень даних, до яких вона буде застосована.

Значення R квадратів описують продуктивність моделі. Він описує зміну відповіді або цільової змінної, яку передбачають незалежні змінні моделі даних.

Таким чином можна сказати, що значення квадрата R допомагає визначити, наскільки добре поєднується модель і наскільки добре вихідне значення пояснюється визначальними (незалежними) змінними набору даних.

Значення квадрата R коливається в межах [0,1].

SSres являє собою суму квадратів залишкових помилок моделі даних, SStot представляє загальну суму помилок.

Чим вище значення квадрата R, тим кращою є модель і кращими є результати.

Середня абсолютна похибка вимірює середні відмінності між прогнозованими та фактичними значеннями.

Середня квадратична помилка вимірює середнє значення квадратів помилок, тобто середню квадратну різницю між оціненими значеннями та справжнім значенням.

Реалізація алгоритмів

Для початку роботи нам потрібно імпортувати всі необхідні бібліотеки.

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
import tensorflow as tf
import seaborn as sns
import time
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor
from sklearn.model_selection import train_test_split, GridSearchCV
from sklearn.metrics import r2_score,mean_absolute_error, mean_squared_error
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn import svm
```

Рис 4.13 Імпортовані бібліотеки

import pandas as pd: імпортуємо бібліотеку pandas - популярну бібліотеку для маніпулювання та аналізу даних в Python.

import matplotlib.pyplot as plt - імпортуємо модуль pyplot з бібліотеки matplotlib, який використовується для створення візуалізацій та графіків.

import tensorflow as tf - імпортуємо бібліотеку TensorFlow, відкритий фреймворк для машинного навчання, розроблений Google.

import seaborn as sns - імпортуємо бібліотеку seaborn, яка побудована на основі matplotlib і надає додатковий функціонал для створення статистичних візуалізацій.

import time - Імпортуємо модуль time, який надає різноманітні функції, пов'язані з часом в Python.

from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor - імпортуємо клас RandomForestRegressor з модуля sklearn.ensemble бібліотеки scikit-learn. RandomForestRegressor - це ансамблевий алгоритм машинного навчання для завдань регресії.

from sklearn.model_selection import train_test_split, GridSearchCV - імпортуємо функції train_test_split і GridSearchCV з модуля sklearn.model_selection бібліотеки scikit-learn. Функція train_test_split використовується для поділу даних на тренувальний та тестовий набори, а GridSearchCV - для налаштування гіперпараметрів.

from sklearn.metrics import r2_score, mean_absolute_error, mean_squared_error: - імпортуємо функції r2_score, mean_absolute_error і mean_squared_error з модуля sklearn.metrics бібліотеки scikit-learn - ці функції зазвичай використовуються для оцінки моделей регресії.

from sklearn.linear_model import LinearRegression - імпортуємо клас LinearRegression з модуля sklearn.linear_model бібліотеки scikit-learn. LinearRegression - це алгоритм лінійної регресії, який використовується для моделювання залежності.

from sklearn import svm - імпортуємо модуль svm з бібліотеки scikit-learn, який надає алгоритми методу опорних векторів для класифікації та регресії.

Щоб спрогнозувати прибуток компанії для початку потрібно завантажити файл з даними на яких методи будуть проводити навчання і тестування.

Потім передаємо ці дані в функцію, яка розбиває дані на тренувальну та тестову вибірки. Вона приймає дані data та розбиває їх на вхідні дані X (без стовпців 'Profit' та 'State') та вихідні дані y (стовпець 'Profit'). Вона повертає розбиті

дані X_train, X_test, y_train, y_test за допомогою функції train_test_split з бібліотеки sklearn.

```
def train_test_split_data(data):
    """Функція для розбиття даних на тренувальну та тестову вибірки."""
    X = data.drop(columns=['Profit', 'State'])
    y = data['Profit']
    return train_test_split(X, y, test_size=0.3, random_state=0)
```

Рис 4.14. Функція для розбиття даних на тренувальну та тестову вибір

Після цього ми можем передати розділенні дані для тренування методів.

```
def train_linear_regression(X_train, y_train):
    """Функція для тренування моделі лінійної регресії."""
    regressor = LinearRegression()
    regressor.fit(X_train, y_train)
    return regressor
```

Рис 4.15. Функція для тренування моделі лінійної регресії.

Ця функція тренує модель лінійної регресії. В якості параметрів вона приймає тренувальні дані X_train (вхідні ознаки) та y_train (вихідні значення). Функція створює об'єкт лінійної регресії за допомогою LinearRegression() з бібліотеки sklearn. Вона тренує модель на тренувальних даних, використовуючи метод .fit(X_train, y_train). Функція повертає натреновану модель лінійної регресії.

```
def train_svm(X_train, y_train):
    """Функція для тренування моделі методу опорних векторів."""
    svm_model = svm.SVR(kernel='linear')
    svm_model.fit(X_train, y_train)
    return svm_model
```

Рис 4.16. Функція для тренування моделі методу опорних векторів.

Ця функція тренує модель методу опорних векторів (SVM). Вона приймає тренувальні дані X_train (вхідні ознаки) та y_train (вихідні значення). Функція створює об'єкт методу опорних векторів (SVM) за допомогою svm.SVR(kernel='linear') з бібліотеки sklearn, в подальшому тренує модель на тренувальних даних, використовуючи метод .fit(X_train, y_train). Функція повертає натреновану модель SVM.

```python
def train_random_forest(X_train, y_train):
    """Функція для тренування моделі випадкового лісу."""
    rf = RandomForestRegressor(random_state=0)
    param_grid = {'n_estimators': [50, 100, 150, 200, 250, 300]}
    grid_search = GridSearchCV(rf, param_grid, cv=5, scoring='neg_mean_absolute_error')
    grid_search.fit(X_train, y_train)
    best_n_estimators = grid_search.best_params_['n_estimators']
    model = RandomForestRegressor(n_estimators=best_n_estimators, random_state=0)
    model.fit(X_train, y_train)
    return model
```

Рис 4.17. Функція для тренування моделі випадкового лісу

Функція, проілюстрована на рис. 4.17, тренує модель випадкового лісу. Приймає тренувальні дані X_train (вхідні ознаки) та y_train (вихідні значення). Функція створює об'єкт випадкового лісу за допомогою RandomForestRegressor(random_state=0) з бібліотеки sklearn. Потім визначаємо сітку параметрів param_grid для кількості дерев n_estimators. Застосовуємо перехресну перевірку (cross-validation) з використанням GridSearchCV для вибору найкращого значення n_estimators згідно зі значенням neg_mean_absolute_error. Повторно тренуємо модель на тренувальних даних з оптимальним значенням n_estimators. Функція повертає натреновану модель випадкового лісу.

```python
def create_model(X_train):
    model = tf.keras.Sequential()
    model.add(tf.keras.layers.Dense(units=10, activation='relu', input_dim=X_train.shape[1]))
    model.add(tf.keras.layers.Dense(units=1, activation='linear'))
    model.compile(loss='mean_squared_error', optimizer=tf.keras.optimizers.Adam(learning_rate=0.0001))
    return model
```

Рис 4.18. Функція створює модель нейронної мережі

Функція, проілюстрована на Рис 4.18., створює модель нейронної мережі з використанням бібліотеки tensorflow. Функція приймає тренувальні дані X_train (вхідні ознаки). Вона створює послідовну модель за допомогою Sequential() з бібліотеки tensorflow.keras. Функція додає шар Dense з 10 нейронами та активацією ReLU, як вхідний шар моделі. Вона додає вихідний шар з одним нейроном і лінійною активацією. Функція компілює модель, використовуючи функцію втрат mean_squared_error та оптимізатор Adam з швидкістю навчання 0.0001. Функція повертає створену модель.

```python
def train_model(model, X_train, y_train):
    history = model.fit(X_train, y_train, epochs=1000, batch_size=32, verbose=0)
    return history
```

Рис 4.19. Функція тренує модель нейронної мережі

Ця функція тренує модель на тренувальних даних X_train та Y_train. Вона виконує 1000 епох навчання з пакетним розміром 32 та приховує вивід під час навчання. Процес навчання повторюється.

Для оцінки якості була створена функція в якій обчислюється коефіцієнт детермінації (квадрат R), середньої абсолютної похибки (MAE), середньої квадратичної помилки (MSE).

```
def evaluate_model(model, X, y_true):
    """Функція для оцінки якості моделі та прогнозування результатів на тестовій вибірці."""
    y_pred = model.predict(X)
    r2 = r2_score(y_true, y_pred)
    mse = mean_squared_error(y_true, y_pred)
    mae = mean_absolute_error(y_true, y_pred)
    print(f"R^2: {r2}")
    print(f"MSE: {mse}")
    print(f"MAE: {mae}")
    return y_pred
```

Рис 4.20 Функція для оцінки якості моделі та прогнозування результатів на тестовій вибірці.

Також для відображення результативності методів була створена функція яка будує графік прогнозованих і актуальних значень.

```
def plot_results(y, y_pred, title):
    y = y.ravel()
    y_pred = y_pred.ravel()
    df = pd.DataFrame(data={'Predictedvalue': y_pred, 'ActualValue': y})
    plt.title(title)
    plt.xlabel('Totalcost')
    plt.ylabel('Profit')
    sns.regplot(x='ActualValue', y='Predictedvalue', data=df)
    plt.show()
```

Рис 4.21 Функція побудови графіка

В програмі була реалізована можливість спрогнозувати прибуток надавши свої значення R&D Spend, Administration, Marketing Spend.

R&D Spend	Administration	Marketing Spend	State	Profit
54135	118452	173232,7	California	95279,96

Рис 4.22. Дані для прогнозування і бажаний результат

```
new_data = pd.DataFrame(data={
    'R&D Spend': [54135],
    'Administration': [118452],
    'Marketing Spend': [173232.7]
})
```

Рис 4.23. Дані для прогнозування прибутку

Після запуску програми ми отримуємо точність прогнозування для кожного методу, прогнозований прибуток для введених даних а також коефіцієнти які демонструють вплив на прибуток.

```
Linear Regression Model
R^2: 0.9973017782142923
MSE: 4142039.1635082276
MAE: 423.1056452676432
Predicted Profit (LR): [95204.18153313]
Time (Linear Regression): 0.2467646598815918 sec
```

Рис 4.24. Точність, прогнозований прибуток методом лінійної множинної регресії

```
Coefficient for R&D Spend: 0.7907018235198582
Coefficient for Administration: 0.008421916308871055
Coefficient for Marketing Spend: 0.03313077688931462
```

Рис 4.25. Визначення ваг впливу на прибуток в методі лінійної множинної регресії

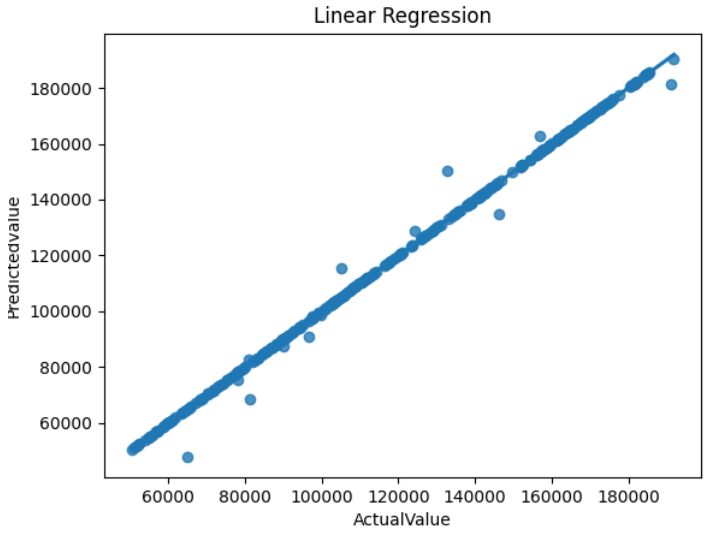


Рис 4.26. Порівняння прогнозованого та фактичного прибутку

```
SVM Model
R^2: 0.9815999842868033
MSE: 28245856.621915177
MAE: 4338.760573282158
Predicted Profit (SVM): [92406.50858844]
Time (SVM): 64.73820996284485 sec
```

Рис 4.27. Точність, прогнозований прибуток методом опорних векторів

```
Coefficient for R&D Spend: 0.7705494557740167
Coefficient for Administration: 0.049803909059846774
Coefficient for Marketing Spend: 0.09111028583720326
```

Рис 4.28. Ваги впливу на прибуток в методі опорних векторів

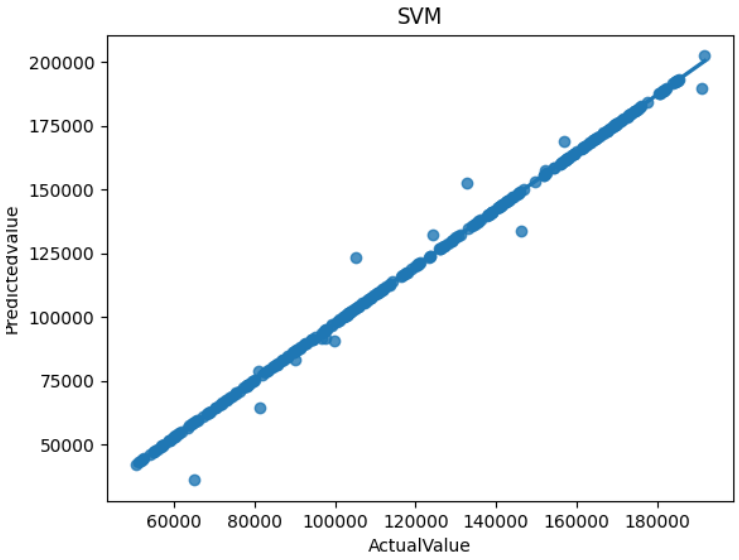


Рис 4.29. Порівняння прогнозованого та фактичного прибутку

```
Random Forest Model
R^2: 0.9972169501843677
MSE: 4272258.637671577
MAE: 437.81479076791584
Predicted Profit (RF): [95235.8155793]
Time (Random Forest): 18.16287589073181 sec
```

Рис 4.30. Точність, прогнозований прибуток методом випадкового лісу

```
Coefficient for R&D Spend: 0.94488579616573
Coefficient for Administration: 0.00434033977820621
Coefficient for Marketing Spend: 0.05077386405606381
```

Рис 4.31. Ваги впливу на прибуток в методі випадкового лісу

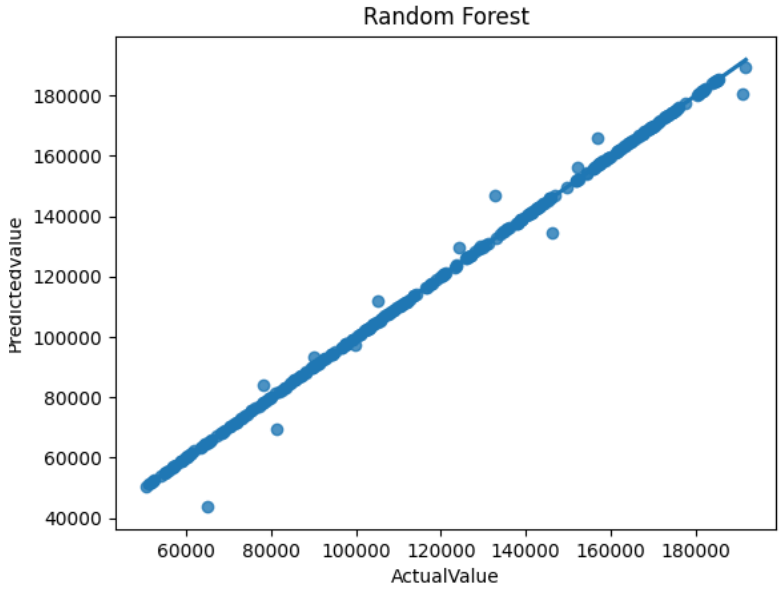


Рис 4.32. Порівняння прогнозованого та фактичного прибутку

```
10/10 [==============================] - 0s 839us/step
R^2: 0.9913274415740457
MSE: 13313240.904951746
MAE: 900.192473636364
1/1 [==============================] - 0s 24ms/step
Predicted Profit(NN): 95147.9140625
Time (Neural Network): 23.444099187850952 sec
```

Рис 4.33. Точність, прогнозований прибуток методом нейронної мережі

```
Coefficient for Administration: [-0.06758876 -0.02725242  0.24611664 -0.08882431  0.19787098  0.09881817
  0.20257789  0.2734028   0.15573542 -0.17345236]
Coefficient for Marketing Spend: [[-0.45460343]
 [-0.04538016]
 [ 0.47357973]
 [-0.61275655]
 [ 0.2547633 ]
 [ 0.37158594]
 [ 0.36782584]
 [ 0.6166172 ]
 [ 0.35724932]
 [-0.41295525]]
```

Рис 4.34. Ваги впливу на прибуток в методі нейронних мереж

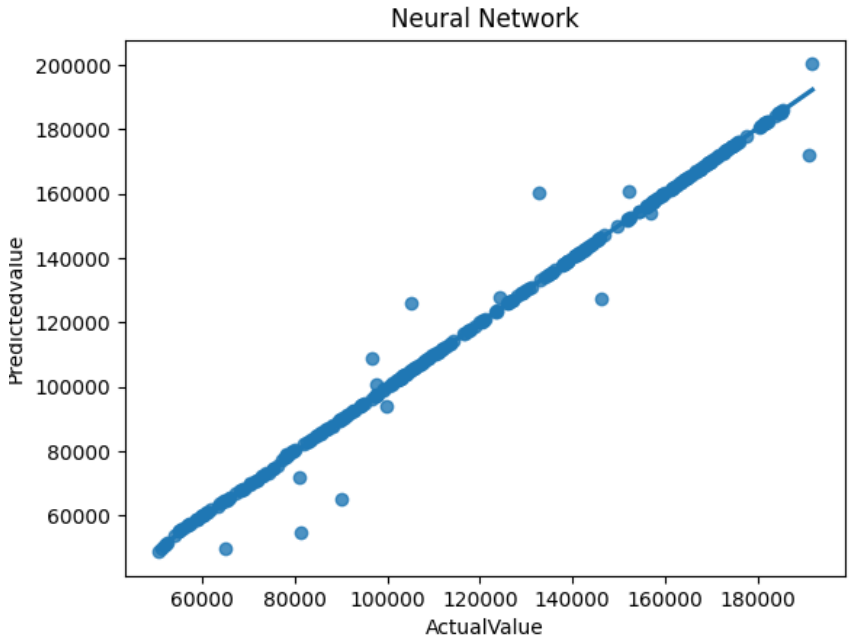


Рис 4.35. Порівняння прогнозованого та фактичного прибутку

Отримавши результати для кожного методу і оцінивши значення R^2, можна сказати про добру адаптацію моделей до даних [109]. За значеннями MSE і MAE можна сказати, що методи Linear Regression та Random Forest показують найкращі результати, оскільки вони мають найнижчі значення помилки [110]. Нейронна мережа також демонструє добрі результати, але має трохи вищі значення помилок порівняно з іншими методами. SVM показує менш точні результати, оскільки має вищі значення помилок і меншу відповідність даним. Ураховуючи час виконання, лінійна множинна регресія є найшвидшим методом серед усіх, тоді як SVM потребує найбільше часу для обчислень. Загалом, для даної задачі рекомендується використовувати множину лінійну регресію або випадковий ліс, оскільки вони показують найкращі результати за критеріями ефективності.

Для цього експерименту використовувалася операційна система Windows 10, процесор 208 Intel Core i7-10700 @ 2,90 ГГц, 32 ГБ пам’яті та графічний процесор Nvidia GeForce RTX3070 209 з 8 ГБ оперативної пам'яті. Програмне забезпечення було Python 3.7 в Anaconda 3, середовищі, яке використовувалося для 210 для навчання нейронних мереж була версія TensorFlow-GPU, а Keras використовувався як основа моделі глибокого навчання.

4.6. Висновки до розділу 4

Було порівняно чотири методи машинного навчання: Linear Regression, SVM, Random Forest і Neural Network. Всі методи показали добрі результати, з високим значенням коефіцієнта детермінації (R^2), лінійна регресія досягла (R^2) 0.9973, випадкові ліси - 0.9972, опорні вектори - 0.9816, нейронна мережа - 0.9909, що свідчить про їх здатність адаптуватися до даних.

За показниками помилки, Linear Regression і Random Forest виявилися найточнішими методами з найнижчими значеннями середньої квадратичної помилки (MSE) і середньої абсолютної помилки (MAE). Neural Network також продемонструвала добрі результати, але мала трохи вищі значення помилок порівняно з двома попередніми методами. SVM показав менш точні результати з вищими значеннями помилок і меншою відповідністю даним.

Ураховуючи час виконання, Linear Regression був найшвидшим методом, тоді як SVM вимагав найбільше часу для обчислень. Linear Regression і Random Forest показали гарний баланс між точністю і швидкістю.

Крім оцінки точності і швидкості роботи методів, також важливо звернути увагу на інтерпретованість результатів. Linear Regression надає просте пояснення через коефіцієнти, які вказують на вплив кожного ознаки на прогнозоване значення. SVM і Random Forest надають менш зрозуміле визначення через свою складну структуру. Neural Network, з одного боку, забезпечує високу точність, але з іншого боку, інтерпретація його результатів може бути складнішою через використання багатьох шарів і внутрішніх зв'язків.

Також варто зазначити, що результати прогнозування прибутку можуть сильно залежати від характеристик і якості вхідних даних. Перед використанням методів машинного навчання рекомендується провести попередню обробку даних, включаючи видалення відсутніх значень, нормалізацію або стандартизацію ознак, а також можливе видалення аномальних спостережень.

Методи машинного навчання показали свою ефективність у прогнозуванні прибутку. Рекомендовано використовувати Linear Regression або Random Forest для цієї задачі, оскільки вони продемонстрували найкращі результати з точки зору

точності і ефективності. Однак, вибір методу може залежати від конкретних вимог та характеристик даних, тому варто ретельно аналізувати кожен метод перед його застосуванням у практичних ситуаціях.

Отримані результати підтверджують, що методи машинного навчання є інструментом для прогнозування прибутку. Вони можуть бути використані в багатьох галузях бізнесу для покращення управління та прийняття обґрунтованих рішень.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено інформаційну технологію адаптивного управління підприємстством з використанням слабких сигналів, яка ґрунтується на зібраній інформації про оточуюче середовище, оцінюванні факторів впливу на підприємство, обчисленні показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності, методі виявлення слабких сигналів, прогнозуванні стану підприємства та забезпечує високу чутливість з урахуванням змін у навколишньому середовищі та прийняття ефективних управлінських рішень у реальному часі.

2. Розроблено реалізацію методу виявлення слабких сигналів, який через співставлення допустимої величини з різницею між обчисленим та прогнозованим значеннями показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності забезпечує раннє виявлення загроз або можливостей для підприємства;

3. Розроблено метод обчислення показника впливу на підприємство на основі інтегральної залежності, який за рахунок врахування ієрархічної взаємодії та взаємозв'язок усіх груп і факторів, що впливають на підприємство забезпечує комплексне оцінювання його стану в заданий момент часу;

4. Вдосконалено метод адаптивного управління підприємством у реальному часі, який через прогнозування та аналіз можливих наслідків реалізації управлінських рішення забезпечує підвищення ефективності адаптивного управління підприємством.

5. Проаналізовано методи, алгоритми та засоби управління підприємства з використанням виявлення слабких сигналів, яке здійснюється на основі опрацювання у реальному режимі часу великих обсягів інформації, які накопичуються при моніторингу зовнішніх і внутрішніх чинників.

6. Визначено домінуючі фактори впливу на підприємство, враховувавши взаємодію та взаємозалежність зовнішніх і внутрішніх факторів впливу, на основі цього проведено їх класифікацію та розроблені кількісні оцінки.

7. Розроблено математичну модель адаптивного методу системи управління складними технічними об'єктами та процесами, яка функціонує в режимі реального часу, в умовах надходження великої кількості даних від зовнішніх та внутрішніх індикаторів впливу на підприємство.

8. Математична модель адаптивного управління смарт-підприємством базується на основі інтегрованого підходу та компонентно-орієнтованої технології, що дало можливість комплексно оцінити прибуток підприємства та провести динаміку розвитку фінансових показників. Розроблена математична модель дає можливість до 30 відсотків збільшити фінансові показнику прибутку.

9. Побудовано адаптивний підхід до управління підприємством на основі нейронних мереж, що дало можливість отримати фінансові результати

підприємства без проведення експертних оцінок з коефіцієнтом детермінації (R^2)и-0.9909.

10. Побудовано ієрархічну та багаторівневу систему смарт-підприємства, яка складається із взаємозв'язаних смарт-пристроїв, таких як сенсори, мікроконтролери, засоби передачі даних, а також програмне забезпечення, що забезпечує передачу і обмін даними між зовнішнім світом і комп'ютерними системами, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку

11. Розроблено програмні засоби інформаційної технології з використанням методів машинного навчання та впроваджено їх результати у матеріали державних тем “Експериментальна система нейромережевого криптографічного захисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів”, “Методи та засоби нейрочіткого управління групою мобільних роботоехнічних платформ” (номер держ. реєстр. 0121U101688) “Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управління та захистом передачі даних” (номер держ. реєстр. 0122U000891).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] S. Yang, A. Jahanger, and M. Usman, “Examining the influence of green innovations in industrial enterprises on China’s smart city development,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 199, p. 123031, 2024.

[2] Y. Hu *et al.*, “Industrial Internet of Things Intelligence Empowering Smart Manufacturing: A Literature Review,” *IEEE Internet of Things Journal*, 2024, doi: 10.1109/JIOT.2024.3367692.

[3] Z. Rehman, N. Tariq, S. A. Moqurrab, J. Yoo, and G. Srivastava, “Machine learning and internet of things applications in enterprise architectures: Solutions, challenges, and open issues,” *Expert Systems*, vol. 41, no. 1, p. e13467, 2024.

[4] E. Oztemel and S. Gursev, “Literature review of Industry 4.0 and related technologies,” *Journal of intelligent manufacturing*, vol. 31, no. 1, pp. 127–182, 2020.

[5] V. Teslyuk, A. Kazarian, N. Kryvinska, I. Tsmots, and T. Teslyuk, “Automated Synthesis Method of" Smart" Home Systems Based on the Architectural Pattern Redux.,” presented at the DCSMart, 2019, pp. 58–69.

[6] T. Kalsoom *et al.*, “Impact of IOT on Manufacturing Industry 4.0: A new triangular systematic review,” *Sustainability*, vol. 13, no. 22, p. 12506, 2021.

[7] K. C. Rath, A. Khang, and D. Roy, “The role of Internet of Things (IoT) technology in Industry 4.0 economy,” in *Advanced IoT technologies and applications in the industry 4.0 digital economy*, CRC Press, 2024, pp. 1–28.

[8] L. Messeri and M. Crockett, “Artificial intelligence and illusions of understanding in scientific research,” *Nature*, vol. 627, no. 8002, pp. 49–58, 2024.

[9] N. S. Etukudoh, N. V. Esame, U. M. Obeta, O. R. Ejinaka, and A. Khang, “Automations and Robotics Improves Quality Healthcare in the Era of Digital Medical Laboratory,” in *Computer Vision and AI-Integrated IoT Technologies in the Medical Ecosystem*, CRC Press, 2024, pp. 419–434.

[10] S. Riyazuddin, D. Gopamma, K. Suresh Kumar, N. Priyanka Priyadarshini, and N. Srinivas, “Ecotechnology Approach for Remediation of Heavy Metals,” in *Heavy Metal Remediation: Sustainable Nexus Approach*, Springer, 2024, pp. 319–337.

[11] G. Joshi, A. Jain, S. R. Araveeti, S. Adhikari, H. Garg, and M. Bhandari, “FDA-approved artificial intelligence and machine learning (AI/ML)-enabled medical devices: an updated landscape,” *Electronics*, vol. 13, no. 3, p. 498, 2024, doi: https://doi.org/10.3390/electronics13030498.

[12] A. Meleshko, “Analysis of the principles of protection of confidential and private information to ensure the security of organizations and people,” 2024.

[13] M. Al Bashar, M. A. Taher, M. K. Islam, and H. Ahmed, “The Impact Of Advanced Robotics And Automation On Supply Chain Efficiency In Industrial Manufacturing: A Comparative Analysis Between The Us And Bangladesh,” *Global Mainstream Journal of Business, Economics, Development & Project Management*, vol. 3, no. 03, pp. 28–41, 2024, doi: https://doi.org/10.62304/jbedpm.v3i03.86.

[14] D. O. Ogundipe, S. O. Babatunde, and E. A. Abaku, “AI and product management: A theoretical overview from idea to market,” *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, vol. 6, no. 3, pp. 950–969, 2024.

[15] A. Šilenskytė, J. Butkevičienė, and A. Bartminas, “Blockchain-based connectivity within digital platforms and ecosystems in international business,” *Journal of International Management*, vol. 30, no. 3, p. 101109, 2024.

[16] E. C. Daraojimba, C. N. Nwasike, A. O. Adegbite, C. A. Ezeigweneme, and J. O. Gidiagba, “Comprehensive review of agile methodologies in project management,” *Computer Science & IT Research Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 190–218, 2024, doi: https://doi.org/10.51594/csitrj.v5i1.717.

[17] Y. Yao, J. Duan, K. Xu, Y. Cai, Z. Sun, and Y. Zhang, “A survey on large language model (llm) security and privacy: The good, the bad, and the ugly,” *High-Confidence Computing*, p. 100211, 2024.

[18] C. B. Satornino, S. Du, and D. Grewal, “Using artificial intelligence to advance sustainable development in industrial markets: A complex adaptive systems perspective,” *Industrial Marketing Management*, vol. 116, pp. 145–157, 2024.

[19] І. Цмоць and Г. Назаркевич, “МЕТОДИ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ,” 2023.

[20] D. Georgiadis and M. Raubal, “An interdisciplinary review on weak signal detection: Future Resilient Systems Working Paper# 3,” 2020, doi: https://doi.org/10.3929/ethz-b-000461671.

[21] L. Vandersmissen, B. George, and J. Voets, “Strategic planning and performance perceptions of managers and citizens: analysing multiple mediations,” *Public Management Review*, vol. 26, no. 2, pp. 514–538, 2024.

[22] World Health Organization, *Tackling NCDs: best buys and other recommended interventions for the prevention and control of noncommunicable diseases*. World Health Organization, 2024.

[23] M. F. Mendoza, N. M. Suan, and C. J. Lavie, “Exploring the Molecular Adaptations, Benefits, and Future Direction of Exercise Training: Updated Insights into Cardiovascular Health,” *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, vol. 9, no. 3, p. 131, 2024.

[24] K. Ashton, “That ‘internet of things’ thing,” *RFID journal*, vol. 22, no. 7, pp. 97–114, 2009.

[25] B. S. Bernanke, “Category Archives: Projects–Student Project Posts”.

[26] X. Mu and M. F. Antwi-Afari, “The applications of Internet of Things (IoT) in industrial management: a science mapping review,” *International Journal of Production Research*, vol. 62, no. 5, pp. 1928–1952, 2024.

[27] A. Pal, H. K. Rath, S. Shailendra, and A. Bhattacharyya, “IoT standardization: The road ahead,” *Internet of Things-Technology, Applications and Standardization*, pp. 53–74, 2018.

[28] M. A. Al-Shareeda, A. A. Alsadhan, H. H. Qasim, and S. Manickam, “Software defined networking for internet of things: review, techniques, challenges, and future directions,” *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, vol. 13, no. 1, pp. 638–647, 2024, doi: https://doi.org/10.11591/eei.v13i1.6386.

[29] A. Cirne, P. R. Sousa, J. S. Resende, and L. Antunes, “Hardware security for Internet of Things identity assurance,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2024, doi: 10.1109/COMST.2024.3355168.

[30] Z. Jiang, Y. Xu, H. Xu, Z. Wang, J. Liu, and C. Qiao, “Semi-Supervised Decentralized Machine Learning with Device-to-Device Cooperation,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 2024, doi: 10.1109/TMC.2024.3369188.

[31] S. Nitu and D. R. Vishwakarma, “Evolution of Remote Device Security System: From Remote IoT Device to Cloud,” 2024.

[32] L. Xiaolin, B. Cardiff, and D. John, “A Two-Stage ECG Classifier for Decentralized Inferencing Across Edge-Cloud Continuum,” *IEEE Sensors Journal*, 2024.

[33] S. Medhekar, “A gateway to synthesis of all-optical devices of desired functionalities,” *Results in Optics*, vol. 15, p. 100644, 2024.

[34] R. Sacks, M. Radosavljevic, and R. Barak, “Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction,” *Automation in construction*, vol. 19, no. 5, pp. 641–655, 2010.

[35] P. G. Keen, “Decision support systems: a research perspective,” *Decision Support Systems: Issues and Challenges, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) Proceedings Series*, vol. 11, pp. 23–27, 1980.

[36] E. Balestrieri, L. De Vito, F. Lamonaca, F. Picariello, S. Rapuano, and I. Tudosa, “Research challenges in measurement for Internet of Things systems,” *Acta Imeko*, vol. 7, no. 4, pp. 82–94, 2018, doi: https://doi.org/10.21014/acta_imeko.v7i4.675.

[37] A. AlHarbi, C. Heavin, and F. Carton, “Improving customer oriented decision making through the customer interaction approach,” *Journal of Decision systems*, vol. 25, no. sup1, pp. 50–63, 2016, doi: https://doi.org/10.1080/12460125.2016.1187417.

[38] A. Fruscione *et al.*, “CIAO: Chandra’s Data Analysis System,” *Chandra News*, vol. 14, 2007, doi: https://doi.org/10.1117/12.671760.

[39] W. Medhat, A. Hassan, and H. Korashy, “Sentiment analysis algorithms and applications: A survey,” *Ain Shams engineering journal*, vol. 5, no. 4, pp. 1093–1113, 2014.

[40] A. C. Yoshikuni and A. L. Albertin, “Effects of strategic information systems on competitive strategy and performance,” *International Journal of Productivity and Performance Management*, vol. 67, no. 9, pp. 2018–2045, 2018.

[41] P. Nitithamyong and M. J. Skibniewski, “Web-based construction project management systems: how to make them successful?,” *Automation in construction*, vol. 13, no. 4, pp. 491–506, 2004.

[42] D. Delen and S. Ram, “Research challenges and opportunities in business analytics,” *Journal of Business Analytics*, vol. 1, no. 1, pp. 2–12, 2018, doi: https://doi.org/10.1080/2573234X.2018.1507324.

[43] H. Ansoff, *Strategic management*. Springer, 2007.

[44] T. White, W. Chu, and A. Salehi-Abari, “Media monitoring using social networks,” presented at the 2010 IEEE Second International Conference on Social Computing, IEEE, 2010, pp. 661–668.

[45] P. J. Moya-Fernández and J. P. Seclen-Luna, “Evaluating the effects of information sources on innovation outcomes: are there differences between KIBS and manufacturing firms from a Latin America country?,” *Journal of the Knowledge Economy*, vol. 15, no. 1, pp. 4024–4055, 2024.

[46] M. A. Raji, H. B. Olodo, T. T. Oke, W. A. Addy, O. C. Ofodile, and A. T. Oyewole, “Real-time data analytics in retail: A review of USA and global practices,” *GSC Advanced Research and Reviews*, vol. 18, no. 3, pp. 059–065, 2024.

[47] I. Pogledic *et al.*, “Prenatal assessment of brain malformations on neuroimaging: an expert panel review,” *Brain*, p. awae253, 2024.

[48] P. Sasmito *et al.*, “A Systematic Review: Early Warning System for Hospital Wards,” *International Journal of Public Health Excellence (IJPHE)*, vol. 3, no. 2, pp. 647–655, 2024.

[49] T. Arjunan, “Real-Time Detection of Network Traffic Anomalies in Big Data Environments Using Deep Learning Models,” *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 12, no. 9, pp. 10–22214, 2024.

[50] M. Usman, S. Cheng, S. Boonyubol, and J. S. Cross, “From biomass to biocrude: Innovations in hydrothermal liquefaction and upgrading,” *Energy Conversion and Management*, vol. 302, p. 118093, 2024.

[51] B. S. Narum, J. Fairbrother, and S. W. Wallace, “Problem-based scenario generation by decomposing output distributions,” *European Journal of Operational Research*, vol. 318, no. 1, pp. 154–166, 2024.

[52] A.-A. Semenoglou, E. Spiliotis, and V. Assimakopoulos, “Data augmentation for univariate time series forecasting with neural networks,” *Pattern Recognition*, vol. 134, p. 109132, 2023.

[53] A. Ghadirzadeh, A. Maki, D. Kragic, and M. Björkman, “Deep predictive policy training using reinforcement learning,” presented at the 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), IEEE, 2017, pp. 2351–2358. doi: 10.1109/IROS.2017.8206046.

[54] S. Suthaharan and S. Suthaharan, “Support vector machine,” *Machine learning models and algorithms for big data classification: thinking with examples for effective learning*, pp. 207–235, 2016.

[55] H. Li, *Numerical Methods Using Kotlin: For Data Science, Analysis, and Engineering*. Springer, 2023.

[56] P. Dangeti, *Statistics for machine learning*. Packt Publishing Ltd, 2017.

[57] S. J. Nanda, R. P. Yadav, A. H. Gandomi, and M. Saraswat, “Data science and applications,” *ICDSA. Lecture notes in networks and systems*, vol. 820, 2023.

[58] X. Zhang *et al.*, “Improved random forest algorithms for increasing the accuracy of forest aboveground biomass estimation using Sentinel-2 imagery,” *Ecological Indicators*, vol. 159, p. 111752, 2024.

[59] P. Frow, S. Nenonen, A. Payne, and K. Storbacka, “Managing co-creation design: A strategic approach to innovation,” *British journal of management*, vol. 26, no. 3, pp. 463–483, 2015, doi: https://doi.org/10.1111/1467-8551.12087.

[60] В. Вишневський *et al.*, *Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвитку*. Інститут економіки промисловості НАН України (Київ), 2018.

[61] І. В. Прокопович, Н. В. Манічева, Н. В. Тітова, and С. В. Касян, “Method of analysis of hierarchies in decision making in medicine,” *Праці Одеського політехнічного університету*, no. 1 (65), pp. 99–108, 2022.

[62] К. К. Саати Т, *Аналитическое планирование. Организация систем*. Радио и связь, 1991.

[63] К. Маркевич, *Smart-інфраструктура у сталому розвитку міст: світовий досвід та перспективи України*. Vydavnytstvo" Zapovit", 2021.

[64] V. Teslyuk, I. Tsmots, T. Teslyuk, and I. Kazymyra, “Methods for the Efficient Energy Management in a Smart Mini Greenhouse.,” *Computers, Materials & Continua*, vol. 70, no. 2, 2022.

[65] Я. Драган, Л. Сікора, and Б. Яворський, “Системний аналіз стану та обґрунтування основ сучасної теорії стохастичних сигналів: енергетична концепція, математичний субстрат, фізичне тлумачення,” *Львів: Вид-во НВФ" Українські технології*, 2014.

[66] K. Kraus, N. Kraus, and H. Pochenchuk, “Tsyfrova infrastruktura v umovakh virtualizatsii ta novoi yakosti upravlinnia ekonomichnymy vidnosynamy [Digital infrastructure in conditions of virtualization and new quality of management of economic relations],” *Efektyvna ekonomika–Efficient economy*, vol. 9, 2021.

[67] R. M. Peleshchak, V. V. Lytvyn, M. A. Nazarkevych, I. R. Peleshchak, and H. Y. Nazarkevych, “Influence of the Symmetry Neural Network Morphology on the Mine Detection Metric,” *Symmetry*, vol. 16, no. 4, p. 485, 2024, doi: https://doi.org/10.3390/sym16040485.

[68] N. Wiener, *The human use of human beings: Cybernetics and society*, no. 320. Da capo press, 1988.

[69] О. Стахів, “Інституційне забезпечення управління системним розвитком закладів охорони здоров’я,” *Scientific notes of Lviv University of Business and Law*, no. 36, pp. 180–188, 2023.

[70] G. Li, H. Yang, L. Sun, P. Ji, and L. Feng, “The evolutionary complexity of complex adaptive supply networks: A simulation and case study,” *International Journal of Production Economics*, vol. 124, no. 2, pp. 310–330, 2010.

[71] К. Р. Кострицький, “Управління стратегічними ризиками підприємства,” 2023.

[72] О. Круглова, В. Козуб, С. Козуб, Т. Наумова, Н. Акімова, and К. Твердохліб, “Уплив економічних та неекономічних чинників на рентабельність підприємства,” *Financial and credit activity problems of theory and practice*, vol. 1, no. 48, pp. 193–205, 2023.

[73] О. В. Килин, О. А. Газда, and Ю. В. Килин, “Управління фінансовими результатами діяльності підприємства,” *Організація, від імені якої випущено видання*, vol. 22, 2023.

[74] Ю. Головата, “Методичний інструментарій оцінки фінансової діяльності підприємства,” *Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції „Формування механізму зміцнення конкурентних позицій національних економічних систем у глобальному, регіональному та локальному вимірах “*, pp. 39–42, 2023.

[75] І. П. Ткаченко, А. В. Горбачова, and М. Р. Луценко, “Резерви підвищення ефективності використання основних фондів у підприємницькій діяльності,” presented at the The 5 th International scientific and practical conference “Science and innovation of modern world”(January 25-27, 2023) Cognum Publishing House, London, United Kingdom. 2023. 672 p., 2023, p. 628.

[76] Z. Natalya, “Analytical assessment of the financial security level of enterprises,” *World of finance*, no. 3 (72), pp. 165–176, 2023.

[77] Т. О. Мулик, “Аналітичне забезпечення управління капіталом підприємств,” *Економічний простір*, no. 183, pp. 95–103, 2023.

[78] К. Василенко, “Рентабельність підприємства: сутність, аналіз, шляхи підвищення,” *Actual problems of modern science, technologies development and management*, vol. 26.

[79] І. М. Дебела, “Статистичні оцінки параметрів моделей з адаптивною структурою,” *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, no. 15, pp. 288–293, 2023.

[80] L. Costa *et al.*, “Multilayer perceptron,” *Introduction to Computational Intelligence*, vol. 105, 2023.

[81] J. N. Castillo and J. R. Muñoz, “Mathematical Model for Broccoli Growth Prediction Based on Artificial Networks,” in *Computational Intelligence for Engineering and Management Applications: Select Proceedings of CIEMA 2022*, Springer, 2023, pp. 845–859. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-19-8493-8_63.

[82] I. M. Ross, “Generating Nesterov’s accelerated gradient algorithm by using optimal control theory for optimization,” *Journal of Computational and Applied Mathematics*, vol. 423, p. 114968, 2023.

[83] S. Dreiseitl and L. Ohno-Machado, “Logistic regression and artificial neural network classification models: a methodology review,” *Journal of biomedical informatics*, vol. 35, no. 5–6, pp. 352–359, 2002, doi: https://doi.org/10.1016/S1532-0464(03)00034-0.

[84] A. A. Sharp, M. B. O’Neil, L. Abbott, and E. Marder, “The dynamic clamp: artificial conductances in biological neurons,” *Trends in neurosciences*, vol. 16, no. 10, pp. 389–394, 1993.

[85] A. Mahapatra, A. Chatterjee, and S. S. Roy, “Modeling and simulation of a ball throwing machine,” presented at the 14th National Conference on Machines and Mechanisms (NaCoMM09). NIT, Durgapur, India, December, 2009, p. 18.

[86] K. Yeung and A. Harkens, “How do" technical" design-choices made when building algorithmic decision-making tools for criminal justice authorities create constitutional dangers? Part II,” *arXiv preprint arXiv:2301.04715*, 2023.

[87] H. Pabuçcu, S. Ongan, and A. Ongan, “Forecasting the movements of Bitcoin prices: an application of machine learning algorithms,” *arXiv preprint arXiv:2303.04642*, 2023.

[88] A. Hayes, “Multiple linear regression (mlr) definition, formula, and example,” *Investopedia*, 2023.

[89] Z. Pang *et al.*, “MetaboAnalyst 6.0: towards a unified platform for metabolomics data processing, analysis and interpretation,” *Nucleic Acids Research*, p. gkae253, 2024.

[90] T. Matzner, “Algorithms as complementary abstractions,” *New Media & Society*, vol. 26, no. 4, pp. 1799–1815, 2024.

[91] Б. Ю. Жураковський and І. О. Зенів, “Технології інтернету речей. Навчальний посібник,” 2021.

[92] F. Chalumeau *et al.*, “QDax: A library for quality-diversity and population-based algorithms with hardware acceleration,” *Journal of Machine Learning Research*, vol. 25, no. 108, pp. 1–16, 2024, doi: 10.48550/arXiv.2308.03665.

[93] Y. Lee, C. Gwak, S. Bae, K. R. Park, H. J. Lee, and J.-W. Lee, “Functional Analysis and Validation of a UAM Integrated Flight Management (UIFM) System,” *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, vol. 25, no. 2, pp. 749–758, 2024.

[94] U. Akram and R. Lavuri, “Understanding the consumer’s luxury webrooming intention: Moderating role of perceived risk and review,” *Journal of Consumer Behaviour*, vol. 23, no. 3, pp. 1602–1619, 2024, doi: https://doi.org/10.1002/cb.2295.

[95] C. Bèzes, “What kind of in-store smart retailing for an omnichannel real-life experience?,” *Recherche et Applications en Marketing (English Edition)*, vol. 34, no. 1, pp. 91–112, 2019, doi: https://doi.org/10.1177/205157071880813.

[96] A. Blom, F. Lange, and R. L. Hess Jr, “Omnichannel-based promotions’ effects on purchase behavior and brand image,” *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 39, pp. 286–295, 2017, doi: https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2017.08.008.

[97] B. Blom, “The personal social services in a Swedish quasi-market context,” *Policy & Politics*, vol. 29, no. 1, pp. 29–42, 2001, doi: https://doi.org/10.1332/0305573012501189.

[98] E. L. De Vries and S. Zhang, “The effectiveness of random discounts for migrating customers to the mobile channel,” *Journal of Business Research*, vol. 110, pp. 272–281, 2020, doi: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.01.041.

[99] K. Picot-Coupey, N. Krey, E. Huré, and C.-L. Ackermann, “Still work and/or fun? Corroboration of the hedonic and utilitarian shopping value scale,” *Journal of Business Research*, vol. 126, pp. 578–590, 2021.

[100] A. D. Adefulu, “Promotional strategy impacts on organizational market share and profitability,” *Acta Universitatis Danubius. Œconomica*, vol. 11, no. 6, pp. 20–33, 2015.

[101] J. C. Cano, V. Berrios, B. Garcia, and C. K. Toh, “Evolution of IoT: An industry perspective,” *IEEE Internet of Things Magazine*, vol. 1, no. 2, pp. 12–17, 2018, doi: 10.1109/IOTM.2019.1900002.

[102] *SIMATIC IOT2050*. [Online]. Available: https://uk.rs-online.com/web/content/m/siemens-iot?srsltid=AfmBOopbbWxLrukMAiwR4gB7PAJRNpcOHD0ah4EC740FIh9kO9YOkrO3

[103] *FL MGUARD 1100, 2100 i 4300*.

[104] H. Nazarkevych, M. Nazarkevych, M. Kostiak, and A. Pavlysko, “Designing an Information System to Create a Product in Terms of Adaptation,” in *Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications: Volume 7*, Springer, 2023, pp. 153–169.

[105] S. Samothrakis, “Artificial intelligence and modern planned economies: a discussion on methods and institutions,” *AI & SOCIETY*, pp. 1–12, 2024.

[106] Є. Береза, “Переваги використання мови Python для глибокого машинного навчання,” 2021.

[107] T. Point, “Machine Learning with Python,” 2019.

[108] M. Kantardzic, *Data mining: concepts, models, methods, and algorithms*. John Wiley & Sons, 2011.

[109] K. Kim, “Financial time series forecasting using support vector machines,” *Neurocomputing*, vol. 55, no. 1–2, pp. 307–319, 2003, doi: https://doi.org/10.1016/S0925-2312(03)00372-2.

[110] *Multiple Linear Regression*. [Online]. Available: https://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/multiple-linear-regression/

[111] H. Nazarkevych, I. Tsmots, M. Nazarkevych, N. Oleksiv, A. Tysliak, and O. Faizulin, “Research on the effectiveness of methods adaptive management of the enterprise’s goods sales using machine learning methods,” in *2022 IEEE 17th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2022, pp. 539–542. doi: 10.1109/CSIT56902.2022.10000447.

[112] I. Tsmots and H. Nazarkevych, “ПОБУДОВА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СМАРТ-ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ,” *Електроніка та інформаційні технології/Electronics and information technologies*, no. 24.

[113] М. НАЗАРКЕВИЧ and Г. НАЗАРКЕВИЧ, “Адаптивний метод управління підприємством на основі нейронних мереж,” *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*, no. 1, pp. 93–99, 2023.

[114] M. Nazarkevych and H. Nazarkevych, “ПРОЕКТУВАННЯ ЗАХИЩЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОДУКТУ В УМОВАХ АДАПТАЦІЇ,” *Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка»*, vol. 3, no. 15, pp. 186–195, 2022.

[115] M. Nazarkevych, H. Nazarkevych, R. Moravskyi, M. Kostiak, and O. Shevchuk, “Study of the Profitability of the Enterprise based on the Method of Machine Learning without a Teacher.,” presented at the CPITS, 2022, pp. 44–54.

ДОДАТКИ

Додаток 1. Список публікацій здобувача за темою дисертації

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, у яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Peleshchak, R. M., Lytvyn, V. V., Nazarkevych, M. A., Peleshchak, I. R., Nazarkevych, H. Y. (2024). Influence of the Symmetry Neural Network Morphology on the Mine Detection Metric. *Symmetry*, *16*(4), 485.[67]
2. Ivan Tsmots, Hanna Nazarkevych Methods of Adaptive Management of Smart Enterprise Using Weak Signals // Інформаційні системи та мережі. – 2023. – № 4. – С. 357 - 372. DOI: https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.35710. [111]
3. Іван Цмоць, Ганна Назаркевич Побудова системи управління смарт-пдприємств з використанням слабких сигналів //Електроніка та інформаційні технології– 2023. – № 24. – С. 57 - 67. DOI: https://doi.org/10.30970/eli.24.6.[112]
4. Назаркевич М. А., Назаркевич Г. Я. Адаптивний метод управління підприємством на основі нейронних мереж // Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. – 2023. – Вип. 1. – С. 93–99. DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-12 [113]
5. Назаркевич М. А., Назаркевич Г. Я. Проектування захищеної інформаційної системи для створення продукту в умовах адаптації // Кібербезпека: освіта, наука, техніка. – 2022. – № 3 (15). – С. 186–195. https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.15.186195 [114]
6. Nazarkevych, H., Nazarkevych, M., Kostiak, M., Pavlysko, A. (2023). Designing an Information System to Create a Product in Terms of Adaptation. In: Kryvinska, N., Greguš, M., Fedushko, S. (eds) Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications. Studies in Systems, Decision and

Control, vol 462. 2023.- Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25695-0_8[104]

7. Kostiak M., Nazarkevych M., Nazarkevych H., Moravskyi R., Shevchuk O. Study of the profitability of the enterprise based on the method of machine learning without a teacher // CEUR Workshop Proceedings. – 2022. – Vol. 3288: 2022 Workshop on cybersecurity providing in information and telecommunication systems, CPITS 2022, 13 October 2022, Kyiv, Ukraine. – P. 44–54.[115]
8. Nazarkevych M., Lutsyshyn V., Nazarkevych H., Parkhuts L., Kostiak M. Methods of face recognition in video sequences and performance studies // CEUR Workshop Proceedings. – 2023. – Vol. 3421: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems 2023, Kyiv, Ukraine. – P. 246–253. https://ceur-ws.org/Vol-3421/short11.pdf
9. Nazarkevych H., Tsmots I., Nazarkevych M., Oleksiv* N., Tysliak* A., Faizulin O. Research on the effectiveness of methods adaptive management of the enterprise's goods sales using machine learning methods // IEEE 17th International conference on computer science and information technologies: proceedings, 10–12 November 2022, Lviv, Ukraine. – 2022. – С. 539–542. *0,18 ум.д.ар.*
10. Hanna Nazarkevych, Nazar Oleksiv, Ivan Tsmots, Yurii Myshkovskyi, Oleh Faizulin, Oleksii Kuziv. Enterprise profit forecasting based on adaptive management for big data // IEEE 18th International conference on computer science and information technologies: proceedings, 19–21 October 2023, Lviv, Ukraine. – 2023. – С. 539–542.
11. M. Nazarkevych, H. Nazarkevych, V. Hrytsyk, I. Tsmots. Development of multimedia printing documents protected on the basis of the moir effect // Digitalization and information society. Selected issues: колективна монографія / – Katowice: Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. – p.302-312 https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88788/1/Melnyk_informatization.pdf;jsessionid=1142F7DA29993068033B23258987BC09.

12. M. Nazarkevych, V. Lytvyn, H. Nazarkevych. Systen with adaptive management of the firm determination of profit using deep learning and formation of protected data // Modern approaches to ensuring sustainable development: колективна монографія /– Katowice: The University of Technology in Katowice Press, 2023. – 698 с. http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/33ba92a74a7c70f8ce3859b114f45150.pdf
13. Назаркевич Г. Я., Цмоць І. Г., Назаркевич М. А. Дослідження управління інноваційними підприємствами методами аналізу даних // Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві : матеріали Міжнародної науково-технічної конференції АКІТ-2022 (Кропивницький, 10-11 листопада 2022 р.). – 2022. – С. 56–58. *0,13 ум.д.ар.*
14. Назаркевич Г. НУ «Львівська політехніка» Управління підприємством методами аналізу даних // Перша міжнародна науково-практична конференція «Сучасні аспекти інженерії програмного забезпечення (Modern aspects of Software Engineering)»: Науковий збірник (м. Київ, 14 грудня 2023 р.).
15. Цмоць І. Г., Назаркевич** Г. Я. Прогнозування прибутку підприємства на підставі адаптивного управління // Науковий вісник НЛТУ України : збірник науково-технічних праць. – 2024. – Т. 34, № 6. – С. 125–131. *0,31 ум.д.ар. (Назаркевич Г. Я.) [н.к. - Цмоць І.Г.]*.
16. IoT ARCHITECTURE FOR ADAPTIVE SMART ENTERPRISE MANAGEMENT Перша Всеукраїнська науковопрактична конференція молодих вчених та студентів «Інженерія програмного забезпечення і передові інформаційні технології» (SoftTech-2024): Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, м. Київ, 22 листоп. 2021 р. – 26 трав. 2022 р. Київ, 2021. С. 195-198.

SUMMARY

LIST OF APPLICANT'S PUBLICATIONS

Publications in which, the main scientific results of the dissertation have been published:

1. Peleshchak, R. M., Lytvyn, V. V., Nazarkevych, M. A., Peleshchak, I. R., Nazarkevych, H. Y. (2024). Influence of the Symmetry Neural Network Morphology on the Mine Detection Metric. Symmetry, 16(4), 485.[1]

2. Ivan Tsmots, Hanna Nazarkevych Methods of Adaptive Management of Smart Enterprise Using Weak Signals // Information Systems and Networks. – 2023. – No. 4. – P. 357 - 372. DOI: https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.35710. [2]

3. Ivan Tsmots, Hanna Nazarkevych Building a Smart Enterprise Management System Using Weak Signals // Electronics and Information Technologies– 2023. – No. 24. – P. 57 - 67. DOI: https://doi.org/10.30970/eli.24.6.[3]

4. Nazarkevych M. A., Nazarkevych G. Ya. Adaptive method of enterprise management based on neural networks // Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security. – 2023. – Issue 1. – P. 93–99. DOI: https://doi.org/10.32782/IT/2023-1-12 [4]

5. Nazarkevych M. A., Nazarkevych G. Ya. Design of a secure information system for creating a product in conditions of adaptation // Cybersecurity: education, science, technology. – 2022. – No. 3 (15). – P. 186–195. https://doi.org/10.28925/2663-4023.2022.15.186195.[5]

6. Nazarkevych, H., Nazarkevych, M., Kostiak, M., Pavlysko, A. (2023). Designing an Information System to Create a Product in Terms of Adaptation. In: Kryvinska, N., Greguš, M., Fedushko, S. (eds) Developments in Information and Knowledge Management Systems for Business Applications. Studies in Systems, Decision and Control, vol 462. 2023.- Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-25695-0_8[6]

7. Kostiak M., Nazarkevych M., Nazarkevych H., Moravskyi R., Shevchuk O. Study of the profitability of the enterprise based on the method of machine learning without a teacher // CEUR Workshop Proceedings. - 2022. - Vol. 3288: 2022 Workshop on cybersecurity providing in information and telecommunication systems, CPITS 2022, 13 October 2022, Kyiv, Ukraine. – P. 44–54. [7]

8. Nazarkevych M., Lutsyshyn V., Nazarkevych H., Parkhuts L., Kostiak M. Methods of face recognition in video sequences and performance studies // CEUR Workshop Proceedings. - 2023. - Vol. 3421: Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems 2023, Kyiv, Ukraine. – P. 246–253. https://ceur-ws.org/Vol-3421/short11.pdf

9. Nazarkevych H., Tsmots I., Nazarkevych M., Oleksiv* N., Tysliak* A., Faizulin O. Research on the effectiveness of methods adaptive management of the enterprise's goods sales using machine learning methods // IEEE 17th International conference on computer science and information technologies: proceedings, November 10–12, 2022, Lviv, Ukraine. – 2022. – C. 539–542. 0.18 um.d.ar.

10. Hanna Nazarkevych, Nazar Oleksiv, Ivan Tsmots, Yurii Myshkovskyi, Oleh Faizulin, Oleksii Kuziv. Enterprise profit forecasting based on adaptive management for big data // IEEE 18th International conference on computer science and information technologies: proceedings, October 19–21, 2023, Lviv, Ukraine. – 2023. – C. 539–542.

11. M. Nazarkevych, H. Nazarkevych, V. Hrytsyk, I. Tsmots. Development of multimedia printing documents protected on the basis of the moir effect // Digitalization and information society. Selected issues: collective monograph / – Katowice: Publishing House of University of Technology, Katowice, 2022. – p.302-312 https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/88788/1/Melnyk_informatization.pdf;jsessionid=1142F7DA29993068033B23258987BC09.

12. M. Nazarkevych, V. Lytvyn, H. Nazarkevych. Systen with adaptive management of the firm determination of profit using deep learning and formation of protected data // Modern approaches to ensuring sustainable development: collective monograph /– Katowice: The University of Technology in Katowice Press, 2023. – 698 p.

http://www.wydawnictwo.wst.pl/uploads/files/33ba92a74a7c70f8ce3859b114f45150.pdf

13. Nazarkevych G. Ya., Tsmots I. G., Nazarkevych M. A. Research on the management of innovative enterprises using data analysis methods // Automation, computer-integrated technologies and energy efficiency problems in industry and agriculture: materials of the International Scientific and Technical Conference AKIT-2022 (Kropyvnytskyi, November 10-11, 2022). – 2022. – P. 56–58. 0.13 um.D.Ar.

14. Nazarkevych G. NU “Lviv Polytechnic” Enterprise Management by Data Analysis Methods // First International Scientific and Practical Conference “Modern Aspects of Software Engineering”: Scientific Collection (Kyiv, December 14, 2023).

15. Tsmots I. G., Nazarkevych** G. Ya. Forecasting Enterprise Profit Based on Adaptive Management // Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine: Collection of Scientific and Technical Works. – 2024. – T. 34, No. 6. – P. 125–131. 0.31 um.D.Ar. (Nazarkevych G. Ya.) [n.k. - Tsmots I.G.].

16. IoT ARCHITECTURE FOR ADAPTIVE SMART ENTERPRISE MANAGEMENT First All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students “Software Engineering and New Information Technologies" (SoftTech-2024): Materials of the All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students, Kyiv, November 22, 2021 - May 26, 2022. Kyiv, 2021. pp. 195-198.

Додаток 2. Акти впроваджень дисертації

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор
з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»
_____ Іван ДЕМИДОВ
«__» _____ 2024 р.

АКТ

про використання результатів дисертації роботи
Назаркевич Ганни Ярославівни «Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії при виконанні науково-дослідної роботи

Комісія у складі начальника науково-дослідної частини д.т.н., ст. досл. Р.В. Небесного, завідувача кафедри автоматизованих систем управління д.т.н., проф. В.М.Теслюка, завідувачки відділу науково-організаційного супроводу наукових досліджень к.т.н. Г. В. Лазько та в.о. заступника начальниці планово-фінансової групи І.І.Фаст підтверджують цим актом, що результати дисертації Г.Я. Назаркевич «Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів» використано при виконанні науково-дослідних робіт за кошти державного бюджету НАН України “Експериментальна система нейромережевого криптографічного захисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів” (номер держ. реєстр. 0121U109503), “Методи та засоби нейрочіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ” (номер держ. реєстр. 0123U101688) “Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управління та захистом передачі даних” (номер держ. реєстр. 0122U000891).

Зокрема Назаркевич Г.Я. розробила:

1) Для науково-дослідної роботи ““Експериментальна система нейромережевого криптографічного захисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів” ” програмні

засоби інформаційної технології з використанням методів машинного навчання

2) Для "Методи та засоби нейрочіткого управління групою мобільних робототехнічних платформ" побудувала ієрархічну та багаторівневу систему смарт-підприємства, яка складається із взаємозв'язаних смарт-пристроїв, основними компонентами яких є давачі/виконавчі механізми, мікроконтролери, засоби приймання та передачі даних.
3) Для науково-дослідної роботи ""Експериментальна мобільна робототехнічна платформа з інтелектуальною системою управління та захистом передачі даних" розробила програмне забезпечення, що забезпечує передачу і обмін даними між фізичним світом і комп'ютерними системами, за допомогою використання стандартних протоколів зв'язку.

Голова комісії
Начальник НДЧ, д.т.н. ст.досл. _____ Роман НЕБЕСНИЙ
Члени комісії:
Завідувач кафедри автоматизованих
систем управління _____ Василь ТЕСЛЮК

Завідувачка відділу науково-організаційного
супроводу наукових досліджень _____ Галина ЛАЗЬКО

В.о. заступн. начальника
планово-фінансової групи _____ Ірина ФАСТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор товариства
з обмеженою відповідальністю “Десниця”

Іван СТИРКО

АКТ

впровадження результатів дисертації роботи Назаркевич Ганни Ярославівни «Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів», представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 – Комп’ютерні науки

Комісія у складі
Директора Стирко Івана Івановича,
Бухгалтера Мельничук Ірини Ярославівни

склали цей акт про те, що наукові результати, отримані Назаркевич Ганною в дисертаційній роботі “«Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів» впроваджені в процесі розробки перспективних систем управління. Зокрема впроваджено:

- інформаційну технологію адаптивного управління підприємством у реальному часі з використанням слабких сигналів, яка ґрунтується на зібраній інформації про оточуюче середовище, оцінюванні факторів впливу на підприємство, обчислені узагальненого інтегрального показника впливу на підприємство, методі виявлення слабких сигналів, прогнозуванні стану підприємства та забезпечує високу чутливість до змін в оточуючому середовищі і підвищує ефективність управління підприємством;
- метод виявлення слабких сигналів, який за рахунок порівняння порогової величини з різницею між обчисленим та прогнозованим значеннями узагальненого інтегрального показника впливу на підприємство забезпечує раннє виявлення загроз або можливостей для підприємства;
- Базу даних з показниками ефективної діяльності підприємств

Отримані в дисертаційній роботі результати представляють практичну цінність при розробленні систем управління товариства з обмеженою відповідальністю “Десниця”.

Голова комісії
Директор _____ Іван Стирко
Член комісії
Бухгалтер _____ Ірина Мельничук

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор товариства з додатковою відповідальністю
"Львівський завод "Металіст"
Іван СТИРКО

АКТ
про використання результатів дисертації роботи
Назаркевич Ганни Ярославівни «Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів»,
представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Комісія у складі
директора Стирка І.І.
бухгалтера Кучабського Я.Ю.
склали цей акт про впровадження результатів дисертаційної роботи Назаркевич Ганни Ярославівни «Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів» представленої на здобуття наукового ступеня доктора філософії галузі знань12 - Інформаційні технології, спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Даним актом засвідчується, що наукові результати, отримані Назаркевич Ганною в дисертаційній роботі "«Інформаційна технологія адаптивного управління підприємством з використанням слабких сигналів» впроваджені в процесі розробки перспективних систем управління. Зокрема впроваджено:

- метод виявлення слабких сигналів, який за рахунок порівняння порогової величини з різницею між обчисленим та прогнозованим значеннями узагальненого інтегрального показника впливу на господарську діяльність забезпечує раннє виявлення загроз або можливостей господарської діяльності;
- метод обчислення узагальненого інтегрального показника впливу на господарську діяльність, який за рахунок врахування ієрархічної взаємодії та взаємозалежність всіх груп і факторів впливів на господарську діяльність забезпечує комплексне оцінювання його стану в заданий момент часу;
- метод адаптивного управління господарської діяльності у рельному часі, який за рахунок прогнозування та аналізу можливих наслідків реалізації управлінських рішення забезпечує підвищення ефективності адаптивного управління
- dataset для менеджменту п ефективності господарської діяльності

Отримані в дисертаційній роботі результати представляють практичну цінність при розробленні програмно-апаратних засобів систем управління господарської діяльності.

Голова комісії
Директор _____ І.І. Стирко
Член комісії:
бухгалтер _____ Я.Ю. Кучабський

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор

Товариство з обмеженою відповідальністю "Смарт УА"

81140, Львівська обл., Пустомитівський р-н,

село Миклашів, вул.Шевченка, дім № 44а, тел.: 096-750-46-75,
ЄДРПОУ 44233746

ІПН 442337413258

ГЛАДУН Ольга Петрівна
20.10.2024

Акт про провадження результатів дисертаційної роботи на тему
"ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ З ВИКОРИСТАННЯМ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ"
представлену на здобуття наукового ступеню доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
аспірантки Назаркевич Ганни Ярославівни

Цей акт підтверджує, що результати дисертаційної роботи Назаркевич Г. Я. впроваджені у Товариство з обмеженою відповідальністю "Смарт УА" для оцінки факторів впливу на підприємство.

Впровадження Назаркевич Ганни Ярославівни полягає у наданих нею рекомендацій щодо створення методів, алгоритмів, програм для комплексної оцінки зовнішніх та внутрішніх сигналів впливу на підприємство. Розроблено методи для обчислення оцінки динаміки розвитку підприємства, що дозволило проводити короткотермінове та середньотермінове прогнозування прибутку та сформувати подальший розвиток підприємства.

Директор Товариство з обмеженою відповідальністю "Смарт УА" Гладун О. П.