

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-105>

УДК 658.01:004.089

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В АДАПТИВНОМУ УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВОМ

INTELLIGENT MODELING IN ADAPTIVE ENTERPRISE MANAGEMENT

Філіпковська Лариса Олексіївна

кандидат технічних наук, доцент,

Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8532-5274>**Filipkovska Larysa**

National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute»

У статті вирішується проблема вибору інтелектуальної моделі управління підприємством, що забезпечує налаштування на специфіку об'єкта управління за рахунок використання апостеріорної інформації про нього та зовнішнє середовище, а також додаткової інформації про експлуатацію системи. Надано схему адаптивного управління підприємством. Задля створення відповідної моделі адаптивного управління розглянуто методи розпізнавання образів, наведено їх сучасну класифікацію. При формуванні інтелектуальної моделі адаптивного управління подано низку розв'язуваних задач. Запропоновано використання структурно-аналітичного методу розпізнавання образів, що дозволяє ідентифікувати стани підприємства для реалізації економічної безпеки. У перспективі можна розробити адаптивну модель управління підприємством в цілому на основі структурно-аналітичного методу розпізнавання образів.

Ключові слова: економічний об'єкт, адаптивне управління, виробниче підприємство, інтелектуальне моделювання, методи розпізнавання образів.

The variety of management methods, taking into account the actions of the environment, state institutional policy and the role of the internal environment, affects the results of the functioning of business entities. Development of the enterprise, support and improvement of its competitiveness in the conditions of constant interaction with a dynamic external environment is possible through the active use of adaptive management methods. The work is devoted to intellectual modeling in adaptive management of an economic object. The purpose of the article is to solve the problem of choosing a mathematical model for managing an enterprise as a complex economic system that ensures adaptation to the specifics of the management object through the use of a posteriori information about it and the external environment, as well as additional information already obtained during the operation of the system. The types of adaptive management systems for a manufacturing enterprise and their application in solving economic problems are presented. A scheme of adaptive enterprise management is presented and a corresponding model of such management is formed. Intelligent modeling is used in practice. It works with incomplete, uncertain or fuzzy information. Intelligent modeling is capable of self-learning and improves the quality of forecasts, and also solves poorly formalized problems where human experience is more important. The need for such tools is realized by technologies designed to help manage production, commercial, credit and financial sectors. Pattern recognition methods are proposed. Attention is paid to the classification of pattern recognition methods, their scope of application and limitations. A number of solvable problems have been formulated for the adaptive management model based on pattern recognition. It is proposed to use the structural-analytical method of pattern recognition, which allows identifying the state of the enterprise to create economic security. The prospect of further research on the development of an adaptive model for managing an economic entity as a whole is also formulated. It is based on the structural-analytical method of pattern recognition.

Keywords: economic object, adaptive management, industrial enterprise, intelligent modeling, pattern recognition methods.

Постановка проблеми. Об'єктивна реальність, яка обумовлена дією довкілля та державною інституціональною політикою, при-

зводить до збільшення ролі зовнішніх та внутрішніх обставин на промислове підприємство. У таких умовах виникає середовище

з високою невизначеністю для ухвалення управлінських рішень. Різноманітність методів управління з урахуванням всього переліченого позначається на результатах функціонування суб'єктів господарювання.

Виробниче підприємство належить до класу складних економічних систем. Розвиток підприємства, підтримка та підвищення його конкурентоспроможності в ситуації безперервної взаємодії з динамічним довкіллям можливе за рахунок активного використання методів адаптивного управління. Останнє дозволяє підприємству займати лідируючі позиції на ринках і домагатися поставлених цілей на певному відрізку часу. При цьому підприємство стикається зі значним ризиком й детермінованим стохастичним характером нововведень. Центральним моментом адаптивного управління є прийняття управлінського рішення щодо вибору та реалізації стратегії розвитку.

Важливим є той факт, що адаптивне управління в економічних системах застосовує модифікацію моделі економічного завдання управління та адаптивну економіко-математичну модель об'єкта, за допомогою якої оцінюються параметри моделі управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Теоретичні основи моделювання процесів управління відображені у наукових працях наступних авторів: Ареф'єва О. В., Богоявленський О. В., Гнилянська О. В., Забродський В. А., Клебанова Т. С., Кизим М. О., Скурихін В. І. [1–5] та інші. Управлінська діяльність виробничого підприємства на основі спостереження в режимі реального часу за станом системи управління, що спрямоване на підтримку рівня конкурентоспроможності у вигляді реалізації механізму управління інноваційними процесами, відповідає сутності поняття адаптивного управління. Методологічним підходам до моделювання адаптивного управління присвячені роботи Глущевського В. В., Петренко Л. М., Попело О. В., Малиша В. В., Пугачевської К. Й., Лисенко Е. Р. [6–10] та інших. Проте низка питань, пов'язаних з адаптивним управлінням підприємств на базі цифрової трансформації не знайшли достатнього відображення у спеціальній літературі та потребують подальших розробок.

Дамо характеристику існуючих підходів щодо з'ясування сутності адаптивного управління економічним об'єктом.

У класичній теорії створення системи управління економічним об'єктом визнача-

ється структура та способи функціонування елементів. Задача управління складається з двох частин:

- а) будується математична модель системи управління як об'єкта;
- б) виходячи з моделі, формуються варіанти управлінських рішень.

Існують різноманітні види адаптивних систем управління [2, 5–13]:

- 1) з еталонною моделлю. В такій системі управління визначаються сигнали помилок, обумовлених відмінністю дійсної поведінки від необхідної (модельної). Ці сигнали служать для модифікації параметрів керуючого пристрою;

- 2) параметрична. Адаптуються параметри регулятора. Система адаптивного управління ідентифікує параметри об'єкта й підлаштовує коефіцієнти регулятора;

- 3) структурна. Запропонований підхід заснований на перемиканні структури залежно від режиму роботи або стану об'єкта. Змінюється структура системи (тип регулятора, схеми зворотних зв'язків);

- 4) самоналагоджувальна (самоорганізуюча). Система управління навчається у процесі роботи (часто з використанням нейромереж або нечіткої логіки);

- 5) прогнозуюча. Використовуються моделі прогнозу майбутніх станів системи адаптивного управління;

- 6) гібридна. Відбувається поєднання кількох типів адаптації, наприклад, застосування еталонної моделі з прогнозуванням.

Ці технології модифіковані для урахування невизначеностей і знайшли застосування при розробці систем адаптивного управління в економіці [2; 10–14].

Економічна система є складною, оскільки її поведінку неможливо описати лише на основі апріорних даних. Невизначеність, мінливість та саморозвиток роблять необхідним використання адаптивних та стохастичних моделей, у яких знання про систему уточнюються у процесі її функціонування. Складність у даному контексті – не перешкода, а природна властивість відкритої економічної системи, що самоорганізується.

Мета статті. З вище визначеного випливає, що адекватна модель економічної системи не може бути повністю детермінованою. Необхідно використовувати адаптивні, імовірнісні та імітаційні методи моделювання, модель має самооновлюватися в міру надходження нової інформації. Метою статті є вирішення проблеми вибору математичної моделі

управління підприємством як складної економічної системи, що забезпечує налаштування на специфіку об'єкта управління за рахунок використання апостеріорної інформації про нього та середовище, а також за рахунок додаткової інформації, що вже надходить у процесі експлуатації системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проблема адаптації найважливіша для промислового підприємства [14]. Адаптація промислового підприємства – це процес пристосування підприємства до змін у зовнішньому та внутрішньому середовищі для збереження або підвищення його ефективності, конкурентоспроможності та стійкості. Поняття адаптації у межах сучасної економіки про-

йшло низку стадій розвитку [13–15]. Ключові питання, які можна вирішити з її допомогою, наведено у таблиці 1.

Таким чином, адаптивне управління передбачає здатність підприємства навчатися і швидко реагувати на зміни, а також прогнозувати свій стан для виконання виробничих функцій і вживати заходи щодо захисту цих функцій. А відповідні ключові питання пов'язані з гнучкістю, аналізом середовища, ефективним використанням ресурсів, постійним удосконаленням управлінських механізмів, а значить – зі забезпеченням економічної безпеки виробництва від різних проявів внутрішнього та зовнішнього походження.

Таблиця 1

Ключові питання адаптивного управління підприємством

Ключове питання	Характеристика	Приклад
Адаптація до зовнішнього середовища, що змінюється	1. Змінення ринкової кон'юнктури, попиту, цін, конкуренції 2. Коливання валютних курсів, інфляції 3. Реакція на дії конкурентів, зміни у законодавстві та політиці	Автоматичне коригування виробничого плану у разі зниження попиту на продукцію
Підвищення стійкості та гнучкості управління	1. Зниження часу реакції на нестандартні ситуації 2. Підтримка стабільності при невизначеності 3. Швидка перебудова цілей та стратегій при зміні умов	Швидка переорієнтація логістичних маршрутів при дестабілізації процесів постачання
Оптимізація ресурсів	1. Ефективний перерозподіл трудових, фінансових та матеріальних ресурсів 2. Зниження витрат та підвищення рентабельності	Адаптивна система управління персоналом, що перерозподіляє співробітників залежно від поточного завантаження
Поліпшення якості управлінських рішень	1. Використання прогнозової аналітики та машинного навчання 2. Прийняття рішень на основі актуальних даних та моделей поведінки системи	Система, що пропонує оптимальні стратегії продажів на основі аналізу поточного попиту та поведінки покупців
Мінімізація ризиків	1. Швидке виявлення та нейтралізація загроз (внутрішніх та зовнішніх) 2. Зниження втрат від несприятливих подій	Адаптивне бюджетування з урахуванням можливих відхилень макроекономічних показників
Персоналізація управління	1. Врахування індивідуальних особливостей підрозділів, регіонів, клієнтів 2. Побудова гнучких моделей досягнення стратегічних цілей підприємства та мотивації	Різні стратегії просування товару залежно від поведінки споживачів у регіонах
Прискорення процесів цифрової трансформації	1. Впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень 2. Інтеграція з технологіями «Інтернет Речей», «Величезні Обсяги Даних», «Штучний Інтелект» для адаптивного реагування	Виробничі лінії, що самостійно змінюють параметри роботи на основі аналізу якості продукції в реальному часі

Джерело: сформовано автором

Укрупнену схему адаптивного управління підприємством наведено на рисунку 1.

На розглянутій схемі згідно з змістовним та формалізованим описом системи адаптивного управління блок моніторингу внутрішнього інформаційного простору та економічного аналізу включає збір і аналіз інформації про стан внутрішнього середовища підприємства, а також виявлення відповідних економічних закономірностей. Блок діагностування стану підприємства використовує методи PEST-, SWOT-, GAP-аналізу і визначає проблеми адаптації, відповідні ризики, кризові тенденції або нові можливості. Блок формування адаптивних стратегій і варіантів управлінських рішень розробляє альтернативні сценарії розвитку та вибирає оптимальний варіант реагування. При реалізації адаптивних заходів впроваджуються зміни у стратегію підприємства, його структуру, технології, персонал, ресурси тощо. Результати блоку оціню-

вання і аналізування ефективності адаптації підприємства призначені для коригування управління для підвищення адаптивності. І тому відповідний блок реалізує зворотний зв'язок, що забезпечує циклічність процесу адаптивного управління.

Необхідною передумовою вибору методів управління є проведення глибокої оцінки поточної та майбутньої ситуацій функціонування суб'єкта господарювання. Тому в показаній схемі у блоці діагностування виявляються тренди діяльності підприємства і робиться прогнозування змін внутрішнього середовища.

Адаптація підприємства до змін у зовнішньому середовищі може бути параметричною та структурною [14]. Параметрична адаптація передбачає змінення параметрів внутрішніх систем підприємства, наприклад, освоєння виробництва нової продукції або нової технології, зміна ринків збуту або цінової політики

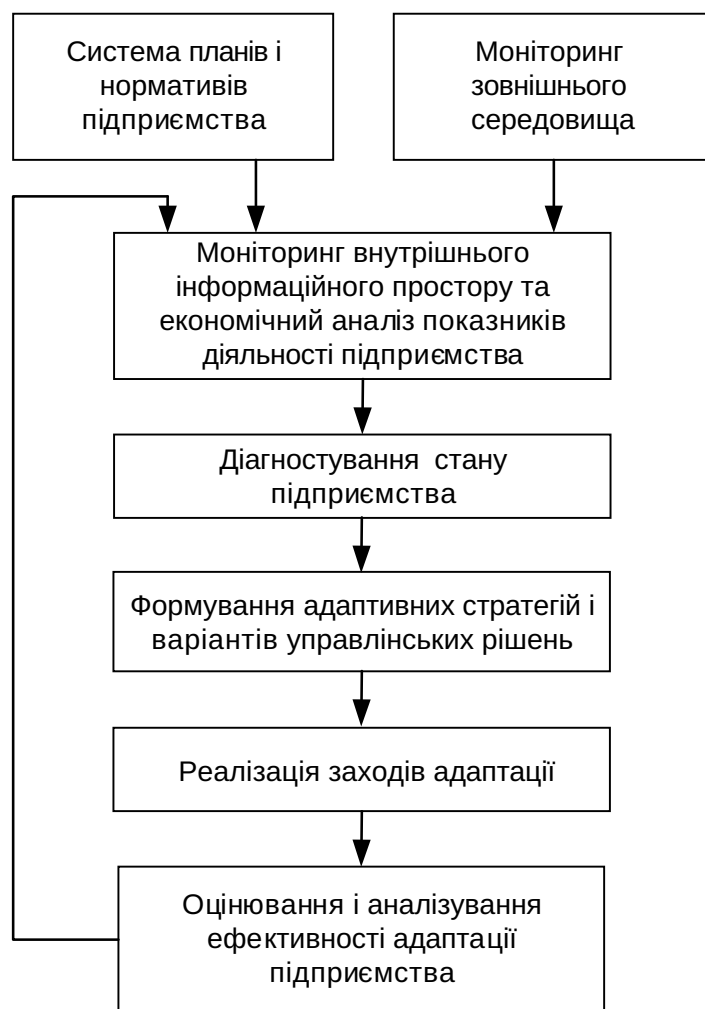


Рис. 1. Схема адаптивного управління підприємством

Джерело: сформовано автором

підприємства. Результатом структурної адаптації є заміна структури внутрішньої системи підприємства, поява нових внутрішніх систем, реорганізація або ліквідація існуючих.

Тоді модифікація моделі економічного завдання управління передбачає наступне: змінення модифікації в залежності від умов управління забезпечує структурну адаптацію, а зміна параметрів модифікації – параметричну адаптацію суб'єкта господарювання. Вибір модифікацій та зміна параметрів здійснюються з урахуванням критеріїв адаптивного управління.

Виходячи із вище сказаного, мета адаптивного управління – забезпечувати інформаційну та аналітичну підтримку діяльності підприємства, спрямовану на підтримання оптимального рівня продуктивності та якості продукції, стійке й ефективне функціонування в умовах змінювань зовнішнього середовища, а також на сталий поступальний розвиток.

Задля досягнення цієї мети суб'єктом господарювання вирішуються задачі [9; 16]:

1. Моніторинг і оцінювання стану підприємства в реальному часі.
2. Прогнозування зовнішнього середовища.

3. Аналіз взаємодії об'єкта управління із зовнішнім середовищем та адаптація управлінських рішень.

4. Прийняття рішень в умовах невизначеності.

5. Навчання та вдосконалення на основі досвіду.

Типи адаптивних систем, які реально застосовуються у виробничих підприємствах, представлено у таблиці 2.

Системи з еталонною моделлю здебільше застосовуються у технічних об'єктах (управління двигунами, роботами, мехатронними системами), а не в організаційному управлінні. Проте ідея «еталонної моделі» частково використовується у KPI-моделях підприємств [17].

На основі схеми адаптивного управління підприємством і відповідних запропонованих задач модель цілеспрямованої системи адаптивного управління суб'єктом господарювання можна визначити так:

$$U = (D, K, C),$$

де D – інформаційна база економічних даних про взаємодію об'єкта управління і зовнішнього середовища, тобто поведінку

Таблиця 2

Типи адаптивних систем управління виробничим підприємством

Тип адаптивної системи	Застосування у виробничому підприємстві	Приклади реалізації
Параметричні	Широко використовуються для налаштування параметрів управління виробничими процесами, логістикою, енергоспоживанням	Адаптація планів виробництва до змін попиту
Структурні	Використовуються для перемикання стратегій управління або моделей планування в залежності від стану виробництва	Змінення управлінських ієрархій у кризових ситуаціях
Самоналагоджувальні	Використовуються у цифрових платформах управління підприємством («смарт-фабрики», ERP, MES-системи)	Системи прогнозування попиту, оптимізації запасів, управління якістю на основі нейромереж
Прогнозуючі	Активно застосовуються у виробничій аналітиці та плануванні (особливо у концепції Industry 4.0)	Системи прогнозного обслуговування обладнання, прогнозування завантаження виробництва, адаптація графіків виробництва
Гібридні	Застосовуються у великих промислових корпораціях для комплексного управління	Поєднання прогнозуючої аналітики та еталонного моделювання для управління ресурсами, витратами, персоналом

Джерело: сформовано автором

підприємства і результати вимірювання його стану й зовнішнього середовища;

К – база знань про цільові управлінські рішення щодо вибору процесів змінення стану об'єкта управління;

С – інтерпретація управлінських рішень для поточної множини інформації про стан суб'єкта господарювання.

Для вирішення поставлених задач використовують сучасні інструментальні засоби, що дозволяють скоротити витрати на отримання управлінських рішень у складних економічних системах з нечіткою інформацією. Потреба таких засобів реалізована технологіями, покликаними допомогти в управлінні виробництвом, комерційною, кредитною та фінансовою сферами. На практиці застосовують інтелектуальне моделювання, що працює з неповною, невизначеною або нечіткою інформацією, здатне самонавчатися і покращувати якість прогнозів, а також може вирішувати слабко формалізовані задачі, де важливіший людський досвід. Таке моделювання для аналізу даних, прогнозування або прийняття рішень використовує інтелектуальні технології, а саме: нейронні мережі, експертні системи, еволюційні і генетичні алгоритми, методи розпізнавання образів тощо.

Роль теорії розпізнавання образів в адаптивному управлінні економічними об'єктами. Більш конкретно, адаптивне управління спрямоване на швидке розпізнавання змінень внутрішнього і зовнішнього середовищ підприємства (попиту, ціни, постачання, конкурентів, технологій), оперативних змін планів, процесів та ресурсів для збереження ефективності функціонування, а також на мінімізацію ризиків та втрат, пов'язаних з невизначеністю.

З іншого боку, аналіз задач, які вирішуються в адаптивних системах, показує таке:

- для вибору адекватної моделі управління апарат моніторингу виробничих ситуацій, вироблення та прийняття рішень з елементами невизначеності має бути гнучким. Для цього необхідно класифікувати ситуацію і визначити, яка стратегія буде оптимальною в даний момент;

- процеси вироблення та прийняття рішень базуються на якісних та кількісних характеристиках станів економічного об'єкта;

- модель управління повинна визначати тенденції економічних показників, тобто прогнозувати майбутні стани суб'єкта господарювання;

- необхідно приділити увагу двом складовим процесу вироблення та прийняття рішень:

тим, що контролюються особою, яка приймає рішення, та тим, які можуть бути виконані за допомогою інформаційних технологій. Автоматизація прийняття рішень допоможе мінімізувати суб'єктивність у прийнятті рішень, підвищити швидкість реакції на зміни, робити управління більш об'єктивним і орієнтованим на різноманітні економічні дані.

У представленій моделі адаптивного управління інформаційна база та база знань можуть бути сформовані на основі використання методів розпізнавання образів. Роль теорії розпізнавання образів в адаптивному управлінні економічними об'єктами полягає у забезпеченні здатності системи управління автоматично виявляти, класифікувати та інтерпретувати стани економічного об'єкта і зовнішнього середовища, щоб своєчасно приймати оптимальні управлінські рішення.

Розпізнавання являє собою інформаційний процес, реалізований деяким перетворювачем інформації, наприклад, інтелектуальним інформаційним каналом або системою розпізнавання. Інформація про ознаки виробничих станів підприємства надходить у систему. На виході відображається інформація про класи (узагальнені образи), призначені цим станам. Далі для спрощення викладання виробничий стан підприємства будемо називати об'єктом розпізнавання.

При створенні моделі адаптивного управління та експлуатації системи розпізнавання образів розв'язується низка задач [18]:

1. Задача формалізації предметної області. Перетворювач інформації складає список узагальнених класів, до яких відносяться конкретні реалізації об'єктів, та перелік ознак, які можуть мати ці об'єкти.

2. Задача формування навчальної вибірки. Навчальна вибірка є інформаційною базою економічних даних, яка містить описи конкретних реалізацій об'єктів на мові ознак та інформацію про приналежність цих об'єктів до класів розпізнавання.

3. Задача навчання системи розпізнавання. Навчальна вибірка використовується для формування образів класів розпізнавання.

4. Задача зниження розмірності простору ознак. Після навчання стає можливим визначити розпізнавальну цінність кожної ознаки. Після цього найменш цінні ознаки виключають із системи ознак.

5. Задача розпізнавання. Для нового об'єкта формується розпізнавана вибірка, яка не містить інформації про належність об'єкта

Таблиця 3

Класифікація методів розпізнавання образів

Клас методів	Підклас / приклади	Область застосування	Обмеження / недоліки
Інтенсіальні методи (статистичні)	Методи оцінювання щільностей розподілу ознак (Парзенівські вікна, баєсівські класифікатори, метод максимальної правдоподібності)	Задачі з відомими або оцінюваними розподілами; нормальні або близькі до нормальних розподіли	Великий обсяг навчальної вибірки; чутливість до неповної статистики
	Методи з наперед заданою вирішальною функцією (лінійний/квадратичний дискримінант)	Добре роздільні класи; лінійні залежності ознак	Вид функції має бути відомий; слабка робота при нелінійності; ігнорування нових кореляцій
	Нейромережеві моделі як інтенсіальні (автоенкодери, моделі оцінки ймовірностей)	Висока розмірність; складні залежності	Вибагливість до даних; непрозорість моделі
Логічні методи	Булеві функції, логічні правила	Малі розмірності, формалізовані властивості об'єктів	Висока обчислювальна трудомісткість
	Дерева рішень	Інтерпретовані моделі, чіткі правила	Схильність до перенавчання
	Нечітка логіка	Лінгвістичні, нечіткі оцінки	Потреба експертних правил
Лінгвістичні (структурні) методи	Граматичні, формально-лінгвістичні методи	Текст, графи, складні структуровані об'єкти	Складність побудови граматики; важка формалізація
	Структурне зіставлення (графи, шаблони)	Об'єкти зі структурними зв'язками	Обчислювальна складність
Екстенсіальні методи (еталонні)	Порівняння з прототипом	Простори малої розмірності	Залежність від метрики
	k-найближчих сусідів	Довільні розподіли даних, малі вибірки	Повний перебір вибірки; висока трудомісткість; залежність метрики
	Методи голосування та непараметричні схеми	Невеликі набори ознак і класів	Залежність від метрики; технічна складність
	Колективи вирішальних правил	Підвищення надійності класифікації	Складна реалізація; відсутність єдиної теорії
Сучасні ансамблеві та машинні методи	Ансамблі (Random Forest, Boosting)	Універсальні задачі; обробка складних залежностей	Низька інтерпретованість; потреба оптимізації
	SVM (метод опорних векторів)	Нелінійні межі, висока розмірність	Труднощі вибору ядра; повільність при великих даних
	Глибокі нейронні мережі (CNN, RNN, Transformer)	Зображення, тексти, мова, сигнали	Високі вимоги до даних

Джерело: сформовано автором на основі [19–22]

до будь-якого класу. Результатом розпізнавання є клас нового об'єкта.

6. Задача контролю якості розпізнавання. Формується контрольна вибірка. Визначаються ймовірність помилки при віднесенні розпізнаваного об'єкта до певного класу.

7. Задача адаптації. Якщо було встановлено незадовільну якість розпізнавання, то описи неправильно розпізнаних об'єктів можуть бути скопійовані з розпізнаваної вибірки в навчальну, доповнені адекватною класифікаційною інформацією і використані для переформування вирішальних правил. В результаті система розпізнавання адаптується і починає адекватно класифікувати ці об'єкти.

8. Зворотна задача розпізнавання. Для певного класу розпізнавання системою встановлюються ознаки, найбільш характерні для об'єктів цього класу.

9. Задача кластерного аналізу. Кількісно вимірюється ступінь подібності та відмінності об'єктів (класів, ознак). Робиться розподіл об'єктів по кластерах. Ця інформація використовується для класифікації.

10. Задача когнітивного аналізу. Результатами є когнітивні діаграми, векторні функціональні графи та їх модифікації.

Класифікацію методів розпізнавання образів, порівняння їх областей застосування та обмежень подано у таблиці 3.

За представленими вище задачами системи розпізнавання образів модель складного об'єкта управління формується у процесі навчання. У режимі розпізнавання здійснюється ідентифікація стану суб'єкта господарювання та прогнозування результатів управлінської дії. Вироблення управлінського впливу здійснюється у підсистемі типологічного аналізу шляхом вирішення зворотної задачі розпізнавання.

Автором вирішено задачі класифікації економічних даних (навчання і ідентифікації) за

допомогою структурно-аналітичного методу розпізнавання образів [18]. Особливістю цього методу є використання спеціального класу правил класифікації, заснованих на операторі R-формалізації. Прогнозування ймовірності віднесення розпізнаваного об'єкта до певного класу засновано на значенні ймовірної помилки класифікації. Під класом розуміють виробничий стан підприємства. Автором запропоновано інструментальний засіб ідентифікації стану підприємства для реалізації економічної безпеки [23]. Застосування моделі дозволяє виділити суттєві ознаки (чинники діяльності підприємства), а також залежності між ними та цільовими станами об'єкта управління.

Висновки. Адаптивне управління виробничим підприємством сприяє підтримці оптимального рівня продуктивності, конкурентоспроможності та стійкості підприємства за зміни ринку, ресурсів, технологій та організаційних умов. Для реалізації інтелектуальної моделі цілеспрямованої системи адаптивного управління суб'єктом господарювання запропоновано методи розпізнавання образів. Такий підхід забезпечує виявлення та класифікацію поточних і майбутніх ситуацій, дає змогу оперативно обирати оптимальні управлінські дії, надає можливість адаптації в умовах невизначеності, підвищує точність прогнозів, стабільність і ефективність управління.

Перспективою подальших досліджень є розроблення адаптивної моделі управління економічним об'єктом з використанням структурно-аналітичного методу розпізнавання образів. Відповідний інструментальний засіб дозволить проводити когнітивну структурування інформації про виробничі ситуації, виявляти причинно-наслідкові відносини між базисними факторами розвитку підприємства і здійснювати пошук найбільш ефективного управління підприємством.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Ареф'єва О. В., Прохорова В. В. Управління розвитком економічних систем: теорія, механізми регулювання та управління : монографія. Харків : УкрДАЗТ, 2010. 301 с.
2. Богоявленський О. В., Местоян А. Н. Адаптивне управління підприємством – запорука сталого розвитку. *Інфраструктура ринку*. 2018. Вип. 19. С. 118–121.
3. Скурихін В. І., Забродський В. А., Копейченко Ю. В. Проєктування систем адаптивного управління виробництвом. Харків : Вища школа, 1984. 265 с.
4. Адаптивні моделі в системах прийняття рішень : монографія / за ред. М. О. Кизима, Т. С. Клебанової. Харків : ІНЖЕК, 2007. 368 с.
5. Гнилянська О. В. Вивчення факторів впливу на організацію як процес управління підприємством. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету*. Економічні науки. 2025. № 81. С. 80–89.

6. Глущевський В. В. Розвиток методології моделювання систем адаптивного управління економічними об'єктами. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2012. Вип. 86. С. 15–31. URL : <https://ir.kneu.edu.ua/items/c12da367-80a7-49ad-819e-ded524a0c93a> (дата звернення 10.11.2025).
7. Глущевський В. В. Розвиток методології моделювання систем адаптивного управління мікроекономічними системами на базі інноваційної платформи Industry 4.0. *Цифрова економіка* : збірник матеріалів національної наук.-метод. конф., м. Київ, 4–5 жовтня 2018 р. Київ : КНЕУ, 2018. С. 82–85.
8. Петренко Л. М. Адаптивне управління економічною безпекою підприємства в нестабільному середовищі. *Моделювання та інформаційні системи в економіці*. 2014. № 90. С. 61–73.
9. Попело О. В., Малиш В. В. Адаптивне управління інноваційно-інвестиційним розвитком промислових підприємств як фактор забезпечення економічної безпеки. *Economic Synergy*. 2023. № 1. С. 48–56. DOI : <https://doi.org/10.53920/ES-2023-1-4>.
10. Пугачевська К. Й., Лисенко Е. Р. Адаптивне управління підприємством в умовах невизначеності. *Молодий вчений*. 2021. № 9 (97). С. 158–161. DOI : <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-9-97-32>.
11. Цмоць І., Назаркевич Г. Методи адаптивного управління смарт-підприємством з використанням слабких сигналів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: інформаційні системи та мережі. Львів : Львівська політехніка. 2023. № 14. С. 357–372. DOI : <https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.357>.
12. Хаустова І. Є. Адаптивна система управління підприємством в кризових умовах. *Вісник НТУ «Харківський політехнічний інститут»* (економічні науки). Харків : НТУ «ХПІ». 2017. № 46(1267). С. 28–31.
13. Diemert S., Weber J. *Safety-critical adaptation in self-adaptive systems*. In *Proceedings of the 2022 IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops*. 2022. P. 371–380.
14. Сіренко М. Ю., Цисар І. О. Науковий аналіз поняття «адаптація підприємства». Глобальні та національні проблеми економіки. 2015. Вип. 8. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет. С. 77–80.
15. Прохорова В., Юхман Я. Формування адаптивно-орієнтованої системи управління промисловими підприємствами на засадах інновігу : монографія. Харків : Видавництво Іванченка І. С., 2021. 200 с.
16. Akimova L., Akimov O., Maksymenko T., Hbur Z., Orlova V. Adaptive management of entrepreneurship model as a component of enterprise resource planning. *Academy of Entrepreneurship Journal*. 2020. Vol. 26, issue 3. P. 1–8.
17. Семененко Ю. Роль KPI та OKR в ефективній діяльності компанії. *Вісник Хмельницького національного університету*. Економічні науки. 2023. № 6. С. 227–235. DOI : <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-324-6-37>.
18. Filipkovska L., Filipkovska M. Cognitive component of development of the innovative diffusion of the socio-economic systems. Integrated computer technologies in mechanical engineering – 2023. Lecture notes in networks and systems. 2024. Vol. 996. Pp. 14–40. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_2.
19. Філіпковська Л. О., Скачков О. М. Застосування методів розпізнавання образів в експертних економічних системах. Питання проектування та виробництва конструкцій літальних апаратів. *Спеціальний випуск «Нові технології в машинобудуванні»*. Харків : ХАІ. 2010. № 3 (63). С. 215–219.
20. Ganaie M. A., Hu M., Malik A. K., Tanveer M., Suganthan P. N. Ensemble deep learning: a review. *Engineering applications of artificial intelligence*. 2022. Vol. 115. Article ID 105151. DOI: 10.1016/j.engappai.2022.105151.
21. Yin S., Fu C., Zhao S., Li K., Sun X., Xu T., Chen E. A survey on multimodal large language models. *PMC/NCBI*. 2024. Pp. 1–20. DOI : <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae403>.
22. Кутковецький В. Я. Розпізнавання образів: навч. посібн. Миколаїв : МДГУ ім. П. Могили, 2017. 420 с.
23. Filipkovska L., Matviienko O. Managerial Decision Support Making in Economic Systems Based on Cognitive Modeling. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol 7, № 4.3, special issue 3. P. 588–592. DOI : <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19962>.

REFERENCES:

1. Arefieva O. V., Prokhorova V. V. (2010) *Upravlinnia rozvytkom ekonomichnykh system: teoriia, mekhanizmy rehuliuвання ta upravlinnia* : monohrafiia [Management of the development of economic systems: theory, mechanisms of regulation and management : monograph]. Kharkiv : UkrDAZT, 301 p. (in Ukrainian)
2. Bohoiavlenskyi O. V., Mestoiian A. N. (2018) *Adaptyvne upravlinnia pidpriemstvom – zaporuka staloho rozvytku* [Adaptive enterprise management is the key to sustainable development]. *Infrastruktura rynku – Market infrastructure*, vol. 19, pp. 118–121.
3. Skurykhin V. I., Zabrodskiy V. A., Kopeychenko Yu .V. (1984) *Proyektuvannya system adaptyvnoho upravlinnya vyrobnytstvom* [Design of adaptive production management systems]. Kharkiv : Vyshcha shkola, 365 p. (in Ukrainian)

4. Adaptivni modeli v systemakh pryiniattia rishen : monohrafiia [Adaptive models in decision-making systems : monograph] (2007). Ed. by M. O. Kyzym, T. S. Klebanova. Kharkiv : INZhEK, 368 p. (in Ukrainian)
5. Hnylianska O. V. (2025) Vyvchennia faktoriv vplyvu na orhanizatsiiu yak protses upravlinnia pidpriemstvom [Study of factors influencing the organization and the process of enterprise management]. *Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu*. Ekonomichni nauky – Visnyk Lviv University of Trade and Economics. Economic Sciences, vol. 81, pp. 80–89.
6. Hlushchevskiy V. V. (2012) Rozvytok metodolohii modeliuvannia system adaptivnoho upravlinnia ekonomichnyimi ob'ektyami [Development of the methodology for modeling adaptive management systems of economic objects]. *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi – Modeling and information systems in economics*, vol. 86, pp. 15–31. Available at : <https://ir.kneu.edu.ua/items/c12da367-80a7-49ad-819e-ded524a0c93a> (accessed November, 10, 2025).
7. Hlushchevskiy V. V. (2018) Rozvytok metodolohii modeliuvannia system adaptivnoho upravlinnia mikroekonomichnyimi systemamy na bazi innovatsiinoi platformy Industry 4.0 [Development of a methodology for modeling adaptive management systems with microeconomic systems based on the Industry 4.0 innovation platform]. *Tsyfrova ekonomika – Digital economy: zbirnyk materialiv natsionalnoi nauk.-metod. konf.*, m. Kyiv, 4–5 zhovtnia 2018 r. Kyiv : KNEU, pp. 82–85.
8. Petrenko L. M. (2014) Adaptivne upravlinnia ekonomichnoiu bezpekoiu pidpriemstva v nestabilnomu seredovyschi [Adaptive management of economic security of an enterprise in an unstable environment]. *Modeliuvannia ta informatsiini systemy v ekonomitsi – Modeling and information systems in economics*, vol. 90, pp. 61–73.
9. Popelo O. V., Malyshev V. V. (2023) Adaptivne upravlinnia innovatsiino-investytsiynym rozvytkom promyslovykh pidpriemstv yak faktor zabezpechennia ekonomichnoi bezpeky [Adaptive management of innovative and investment development of industrial enterprises as factor of ensuring economic security]. *Economic Synergy*, vol. 1, pp. 48–56. DOI : <https://doi.org/10.53920/ES-2023-1-4>.
10. Puhachevska K. I., Lysenko E. R. (2021) Adaptivne upravlinnia pidpriemstvom v umovakh nevyznachenosti [Adaptive management of the enterprise in the conditions of uncertainty]. *Molodyi vchenyi – Young scientist*, vol. 9 (97), pp. 158–161. DOI : <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2021-9-97-32>.
11. Tsmots I., Nazarkevych H. (2023) Metody adaptivnoho upravlinnia smart-pidpriemstvom z vykorystanniam slabkykh sygnaliv [Methods of adaptive management of smart enterprise using weak signals]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika»*. Seriya: informatsiini systemy ta merezhi – *Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic»*. Series: Information Systems and Networks, vol. 14. Lviv : Lvivska politekhnika, pp. 357–372. DOI : <https://doi.org/10.23939/sisn2023.14.357>.
12. Khaustova I. Ye. (2017) Adaptivna systema upravlinnia pidpriemstvom v kryzovykh umovakh [Adaptive enterprise management system in crisis conditions]. *Visnyk NTU «Kharkivskyi politekhnichnyi instytut» (ekonomichni nauky) – Bulletin of NTU «Kharkiv Polytechnic Institute» (economic sciences)*, vol. 46(1267). Kharkiv : NTU «KhPI», pp. 28–31.
13. Diemert S., Weber J. (2022) Safety-critical adaptation in self-adaptive systems. In *Proceedings of the 2022 IEEE International Symposium on Software Reliability Engineering Workshops*, pp. 371–380.
14. Sirenko M. Yu., Tsysar I. O. (2015) Naukovyi analiz poniattia «adaptatsiia pidpriemstva» [Scientific analysis of the concept of «enterprise adaptation»]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky – Global and national problems of the economy*, vol. 8. Mykolaiv : Mykolaivskiy natsionalnyi ahrarnyi universytet, pp. 77–80.
15. Prokhorova V., Yuhman Ya. (2021) Formuvannia adaptivno-orientovanoi systemy upravlinnia promyslovymy pidpriemstvamy na zasadakh innovinhu : monohrafiia [Formation of an adaptive-oriented management system for industrial enterprises based on innovation : monograph]. Kharkiv : Vydavnytstvo Ivanchenko I. S., 200 p. (in Ukrainian)
16. Akimova L., Akimov O., Maksymenko T., Hbur Z., Orlova V. (2020) Adaptive management of entrepreneurship model as a component of enterprise resource planning. *Academy of Entrepreneurship Journal*, vol. 26, issue 3, pp. 1–8.
17. Semenenko Yu. (2023) Rol KPI ta OKR v efektyvni diialnosti kompanii [The role of KPI and OKR in the efficiency of the company]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. *Ekonomichni nauky – Bulletin of Khmelnytsky National University*. Economic Sciences, vol. 6, pp. 227–235. DOI: <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-324-6-37>.
18. Filipkovska L., Filipkovska M. (2024) Cognitive component of development of the innovative diffusion of the socio-economic systems. Integrated computer technologies in mechanical engineering – 2023. Lecture notes in networks and systems, vol. 996, pp. 14–40. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-031-60549-9_2.

19. Filipkovska L. O., Skachkov O. M. (2010) Zastosuvannia metodiv rozpiznavannia obraziv v ekspertnykh ekonomichnykh systemakh [Application of pattern recognition methods in expert economic systems]. Pytannia proektuvannia ta vyrobnytstva konstrukttsii litalnykh aparativ. *Spetsialnyi vypusk «Novi tekhnologii v mashynobuduvanni»* – Issues of design and production of aircraft structures. Special issue «New technologies in mechanical engineering», vol. 3 (63). Kharkiv : KhAI, pp. 215–219.
20. Ganaie M. A., Hu M., Malik A. K., Tanveer M., Suganthan P. N. (2022) Ensemble deep learning: a review. *Engineering applications of artificial intelligence*, vol. 115. Article ID 105151. DOI: 10.1016/j.engappai.2022.105151.
21. Yin S., Fu C., Zhao S., Li K., Sun X., Xu T., Chen E. (2024) A survey on multimodal large language models. *PMC/NCBI*, pp. 1–20. DOI : <https://doi.org/10.1093/nsr/nwae403>.
22. Kutkovetskyi V. Ia. (2017) *Rozpiznavannia obraziv: navch. posibn.* [Pattern recognition: a textbook]. Mykolaiv : MDHU im. P. Mohyly, 420 p. (in Ukrainian)
23. Filipkovska L., Matviienko O. (2018) Managerial decision support making in economic systems based on cognitive modeling. *International Journal of Engineering & Technology*, vol 7, no. 4.3, special issue 3, pp. 588–592. DOI : <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19962>.