КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

CLASSIFICATION OF MODERN INTELLIGENT ENTERPRISE MANAGEMENT SYSTEMS

Стаття присвячена актуальним питанням класифікації сучасних інтелектуальних систем управління підприємством. Зважаючи на стрімкий розвиток технологій, серед яких за останні роки набули особливого значення та перспектив застосування штучний інтелект, блокчейн, квантові обчислення, виникає потреба у систематизації та відповідній класифікації різних типів інтелектуальних систем для оптимізації управлінських процесів. Розглянуто різні підходи до класифікації інтелектуальних систем управління: за технологічною основою, функціональністю, ступенем інтеграції, адаптивністю, сферою застосування та рівнем автономності. Обґрунтовано важливість запропонованої класифікації для прийняття рішень щодо впровадження таких систем у сучасних промислових підприємствах та підвищення ефективності управлінських рішень, що базуються на використанні інтелектуальних систем.
Ключові слова: *інтелектуальні системи управління, штучний інтелект, блокчейн, квантові обчислення, цифрова трансформація, класифікація систем, автоматизація, управління підприємством.*

УДК 338.2:004.8

DOI: https://doi.org/10.32782/infrastruct83-6

Семенова Т.В.
к.е.н., доцент,
доцент кафедри економіки та підприємництва імені Т.Г. Беня,
Український державний університет науки і технологій
Кривчик П.Б.
аспірант кафедри економіки та підприємництва імені Т.Г. Беня,
Український державний університет науки і технологій

Semenova Tetiana
Ukrainian State University of Science and Technologies
Kryvchyk Pavlo
Ukrainian State University of Science and Technologies

The article is devoted to the classification of modern intelligent enterprise management systems in the context of the rapid development of digital technologies. As of today, artificial intelligence, blockchain, and quantum computing have significantly impacted business processes across various enterprises, creating the need for the systematization and classification of intelligent systems to optimize management decisions. The study examines various classification approaches, including those based on technological foundation, functionality, level of integration, adaptability, field of application, and degree of autonomy. The research emphasizes that intelligent management systems facilitate automation, decision-making based on the analysis of large volumes of data, risk forecasting, and resource optimization, which is particularly relevant in conditions of market instability, military threats, and economic uncertainty. Given the increasing complexity of production processes, enterprises are increasingly relying on intelligent systems to enhance overall efficiency, reduce costs, and ensure resilience to both external and internal changes. The article highlights the strategic role of intelligent management systems in the digital transformation of enterprises and their potential to contribute to achieving sustainable and stable development. Special attention is given to the role of intelligent management systems in ensuring data security and transparency, as well as the importance of real-time data processing for effective managerial decision-making to significantly improve productivity, operational stability, and cost reduction. The classification proposed in the article allows enterprises to systematically assess different types of intelligent systems and select the most effective solutions according to their urgent operational needs. The study underlines the importance of integrating intelligent systems into modern management practices. The obtained results may serve as a methodological basis for decision-making on the implementation of intelligent systems in industrial enterprises, providing a structured approach to enhancing business operational efficiency and strategic development..
Key words: *intelligent management systems, artificial intelligence, blockchain, quantum computing, digital transformation, systems classification, automation, enterprise management.*

Постановка проблеми. У сучасних умовах цифрової трансформації, яка, безумовно, торкнулася усіх галузей промисловості, підприємства дедалі частіше інтегрують в свою господарську діяльність інтелектуальні системи управління для підвищення базових показників ефективності та удосконалення процесу прийняття управлінських рішень. Наразі ці системи забезпечують дегуманізацію управлінських процесів, автоматизацію аналізу даних, прогнозування ризиків, оптимізацію ресурсів, що особливо актуально в умовах нестабільного ринку, воєнних загроз та економічної невизначеності. З огляду на складну безпекову, економічну та політичну ситуацію в Україні, інтелектуальні системи управління можуть стати потужним інструментом стабілізації та сталого розвитку підприємств, особливо за умов обмеженого доступу до ресурсів і постійної зміни зовнішніх факторів. Разом із тим, велике різноманіття інтелектуальних систем та їхніх технологічних основ зумовлює необхідність їх класифікації задля полегшення вибору підприємствами найоптимальніших рішень. Подальше раціональне використання впроваджених інтелектуальних систем управління дозволяє підприємствам підвищити адаптивність, гнучкість та стійкість до зовнішніх впливів, що і зумовлює актуальність теми дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми досліджень інтелектуальних систем управління, їх класифікації, систематизації та стандартизації для вирішення можливих проблем та ризиків впровадження цих систем у господарській діяльності підприємств у своїх наукових працях розглядали вітчизняні та зарубіжні вчені, а саме: Васім Ю. [8], Веласкез Р. [6], Відмарк Д. [1], Вісконті П. [6], Гілл Д. [5], Кафанья Д. [6], Кейс Д.

[11], Кантола Д. [10], Костал П. [4], Кureші Ф. [2], Печ М. [3], Рауса Г. [6], Стойкова С. [7], Фекрісарі М. [10], Шакєв Н. [7] та багато інших.

Однак наукові праці зазначених вчених наразі стосуються лише окремих типів інтелектуальних систем управління: розумних виробничих систем, систем управління ланцюгами постачання, ERP-систем, систем реального часу тощо. Проте єдина системна класифікація інтелектуальних систем управління, яка б охоплювала ключові технологічні, функціональні, організаційні та галузеві критерії, досі відсутня. Більшість проведених досліджень орієнтується або на технологічні можливості, або на переважно вузькі галузі застосування інтелектуальних систем, що ускладнює практичне використання результатів наукових праць для прийняття управлінських рішень. Отже, існує потреба у комплексному аналізі та систематизації класифікаційних підходів до інтелектуальних систем управління з метою їх ефективного впровадження у діяльність закордонних та вітчизняних підприємств.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка системної класифікації сучасних інтелектуальних систем управління підприємствами з урахуванням їх технологічних, функціональних, галузевих і організаційних особливостей, що дозволить підприємствам доцільно та обґрунтовано обирати найбільш ефективні рішення для цифрової трансформації процесів управління.

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтелектуальні системи управління (ІСУ) набули популярності з поширенням Індустрії 4.0 завдяки використанню можливостей штучного інтелекту (ШІ), Інтернету речей (IoT – Internet of Things) та аналізу даних для надання інформації в режимі реального часу та автоматизації в різних секторах. Зараз до основних типів ІСУ можна віднести розумні виробничі системи (Smart Manufacturing Systems), інтелектуальні виробничі системи (Intelligent Manufacturing Systems), системи підтримки прийняття рішень (Decision Support Systems), хмарні інтелектуальні системи (Cloud-Based Intelligent Systems) та автономні інтелектуальні системи (Autonomous Intelligent Systems). Кожна з цих видів систем використовує унікальні технології та методології, що дає змогу підприємствам оптимізувати виробничі процеси, поліпшувати управління ресурсами та адаптуватися до мінливих вимог ринку.

Початком процесів управління інформацією можна вважати промислову виставку в Парижі 1801 року, де Жозеф Марі Шарль Жаккард представив перфокарти. Ці картки використовувалися у ткацьких верстатах для створення складних візерунків на тканині, що дозволяло автоматизувати складні процеси за допомогою простої системи зашифрованих інструкцій [1].

Ця інновація відкрила шлях до подальшої інтеграції інформаційних систем у промислове виробництво. Так, штучний інтелект, який наразі відіграє важливу роль в інтелектуальних системах управління, почав свою еволюцію в середині 20 століття. Сам термін «штучний інтелект» був введений Джоном Маккарті у 1950-х роках, що ознаменувало формальне становлення цієї галузі.

Згодом цифрові технології почали активно використовуватись ще й у будівельній галузі, завдяки чому з'явилася додаткова концепція систем управління будівлею BMS (Building Management Systems), яка відображає постійно зростаючу складність та взаємопов'язаність промислових середовищ, обумовлену інноваціями в технологіях та управлінні даними [2].

Старт розвитку Індустрії 4.0 став значним кроком у цьому напрямі, що ознаменувало цифрову революцію, яка інтегрує автоматизацію та обмін даними через виробничі процеси. Ця нова промислова парадигма не лише підвищує операційну ефективність, але й вимагає нових управлінських стратегій, що використовують інтелектуальні системи для прийняття рішень у реальному часі та підвищення продуктивності [3].

Ці історичні прориви разом сформували поточний складний ландшафт інтелектуальних систем управління, підкреслюючи взаємозв'язок між технологіями та промисловими практиками в контексті формування майбутнього управління в сучасній промисловості, та дозволили виокремити типи інтелектуальних систем управління.

На сучасному етапі ІСУ класифікуються на основі їх функцій, використовуваних технологій та сфер застосування в сучасних промислових секторах.

Наприклад, інтелектуальні виробничі системи розроблені для оптимізації процесів планування виробництва та поставок за рахунок співпраці між людьми, машинами та технологіями. Вони застосовують різні методи штучного інтелекту, такі як нечітка логіка та генетичні алгоритми, для вирішення комплексних та неструктурованих управлінських завдань у виробничих середовищах [4].

Системи підтримки прийняття рішень DSS (Decision Support System) поєднують технології штучного інтелекту з традиційними моделями прийняття рішень. Ці системи використовують накопичені дані для навчання та адаптації до змінних внутрішніх та зовнішніх операційних умов, надаючи, таким чином, важливу інформацію для складних сценаріїв прийняття рішень [4].

Інтелектуальні виробничі системи управління вирізняються здатністю створювати прогностичні моделі для оптимізації розміщення підприємств, схем виробництва та використання обладнання, приділяючи основну увагу сталості та збереженню ресурсів [5]. Ці системи також можуть автономно аналізувати поточні процеси, виявляти помилки та пропонувати покращення, що підвищує ефективність без втручання людини [5].

Системи реального часу відіграють важливу роль в інтелектуальних системах управління, забезпечуючи своєчасне прийняття рішень та контроль за виробничими процесами в режимі реального часу. Вони відповідають за збір та аналіз даних з великої кількості датчиків, що дає можливість оперативно реагувати на зміни умов виробництва, зводячи до мінімуму можливі простої та, таким чином, оптимізуючи загальновиробничі витрати [6].

Такі системи використовують складні алгоритми для моніторингу та управління різними аспектами виробництва. Зокрема, вони контролюють параметри якості продукції, обробляють сигнали з різноманітних датчиків, а також забезпечують інтеграцію з іншими системами управління [7]. Вони є критично важливими для таких галузей, як авіація, енергетика, охорона здоров'я та транспорт, де кожна затримка в прийнятті рішення може мати серйозні наслідки [8].

Застосування технологій моніторингу виробництва в реальному часі дозволяє інтелектуальним системам управління передбачати потенційні проблеми ще до моменту їх виникнення, перш ніж вони вплинуть на виробничі процеси.

Інтелектуальні системи для управління ланцюгами постачання набули важливості для підприємств, які прагнуть оптимізувати свої логістичні операції. Прогнозна аналітика, яку застосовують ці системи, дає змогу визначити попит на продукцію, управління запасами та навіть ризики в ланцюгах поставок. Це дозволяє підприємствам зменшувати витрати на складування та мінімізувати ризики дефіциту товарів, забезпечуючи своєчасне виконання замовлень [9].

Автономні та роботизовані системи є наступною важливою частиною інтелектуальних систем управління. Вони дають змогу автоматизувати безліч рутинних або навіть небезпечних для людини процесів, підвищуючи безпеку та продуктивність на виробництві. Такі системи здатні адаптуватися до мінливих умов середовища, самостійно оптимізувати маршрути транспортування та зменшити кількість помилок, що часто виникають процесах із застосуванням ручної праці [10].

Важливе місце в стратегічному управлінні підприємствами наразі займають й системи інтегрованого планування ресурсів підприємства ERP (Enterprise Resource Planning), які об'єднують різноманітні функціональні підсистеми, такі, як фінансове управління, управління персоналом, управління виробництвом та постачанням, в єдину платформу для підвищення ефективності прийняття рішень на стратегічному рівні.

Майже всі сучасні науковці сходяться в думці, що з розвитком цифрових технологій, особливо штучного інтелекту та машинного навчання, інтелектуальні системи управління ставатимуть дедалі розвиненішими та автономнішими, особливо, з розвитком квантових обчислень та нових методів обробки даних. Перспективи їх розвитку включають інтеграцію з ширшими технологічними екосистемами, такими як блокчейн, для підвищення прозорості та безпеки даних, а також застосування дронів і роботів для виконання фізичних завдань на виробництвах та складах [11].

Так, блокчейн-технології, інтегровані в інтелектуальні системи управління, дають можливість забезпечити прозорість, безпеку і відстежуваність всіх операцій у ланцюгах постачання, фінансових транзакціях та інших аспектах управління ресурсами підприємств. Блокчейн забезпечує створення захищених записів про всі транзакції, які неможливо змінити або видалити без відома всіх учасників системи, що важливо для запобігання шахрайству або маніпуляціям з даними.

Квантові обчислення, як ще один перспективний напрямок розвитку інтелектуальних систем, мають потенціал значно перевищити можливості класичних комп'ютерних систем в переважній більшості сфер. Однією з ключових переваг квантових обчислень є здатність до паралельної обробки даних, що дозволяє виконувати значно більший обсяг обчислень за коротший час порівняно з традиційними комп'ютерними системами. Це може мати принципове значення для інтелектуальних систем, де критично важливо здійснювати обробку надвеликих обсягів даних в реальному часі та надавати оперативну інформацію для прийняття рішень [12].

Серед основних викликів під час впровадження інтелектуальних систем менеджменту слід виділити значні первинні витрати на впровадження технологій, недостатню підготовку персоналу для роботи з новими системами. Також однією з найбільших проблем є безпека та конфіденційність даних, адже більшість інтелектуальних систем управління залежать від великих обсягів даних, що збираються в реальному часі. Зловмисники можуть намагатися отримати доступ до цих даних або використовувати їх для власної вигоди [13]. Тому забезпечення надійної системи кібербезпеки є критично важливим аспектом для успішного використання цих технологій.

Іншою проблемою є необхідність інтеграції з існуючими системами підприємства. Інтелектуальні системи управління часто вимагають адаптації та перепроектування наявної інфраструктури та робочих процесів, що, в свою чергу, потребує значних витрат часу та ресурсів.

В умовах швидко мінливого бізнес-середовища, нестабільних економічних умов та ризиків, таких як стихійні лиха або політичні кризи, життєво важливо, щоб інтелектуальні системи менеджменту могли оперативно адаптуватися та підтримувати стабільність підприємства. Тому одним з ключових аспектів є стійкість систем, тобто їх здатність

швидко відновлюватися після збоїв або непередбачуваних подій.

На підставі проаналізованої інформації для прийняття управлінського рішення про впровадження та інтеграцію інтелектуальної системи управління на конкретному підприємстві доцільно запропонувати класифікацію інтелектуальних систем управління за їх класифікаційними ознаками (табл. 1).

Інтелектуальні системи управління стають ключовими інструментами та диктують нові правила в сучасному бізнесі, дозволяючи підприємствам ефективно управляти процесами, скорочувати витрати та реагувати на зміни в умовах стрімкого технологічного розвитку. Застосування штучного інтелекту, блокчейн-технологій, квантових обчислень та інших інновацій відкриває нові можливості для створення

Таблиця 1

Класифікація інтелектуальних систем управління

№	Класифікаційні ознаки інтелектуальних систем управління	Технологія, яку використовує інтелектуальна система управління	Опис системи	Переваги та недоліки системи для прийняття управлінського рішення щодо її впровадження та інтеграції
1	2	3	4	5
1	За типом технології	Штучний інтелект (ШІ)	Використання машинного навчання та інших методів для автоматизації прийняття рішень.	Дозволяє швидко аналізувати великі обсяги даних, але потребує значних обчислювальних ресурсів.
		Блокчейн-технології	Забезпечення прозорості та безпеки через незмінність записів транзакцій, смарт-контракти.	Гарантує безпеку даних, але потребує високої продуктивності та енергоспоживання.
		Квантові обчислення	Швидка обробка великих обсягів даних через квантові комп'ютери, що здатні до паралельних обчислень.	Має потенціал для розв'язання складних задач, але поки що є дорогим і недоступним для масового використання.
2	За функцією системи	Оптимізація процесів	Системи, що сприяють покращенню ефективності виробничих процесів та зменшують витрати.	Знижують витрати та підвищують продуктивність, але можуть бути складними у впровадженні.
		Прогнозування та моделювання	Системи, що використовуються для прогнозування результатів та оцінки ризиків.	Дозволяють покращувати планування, але потребують якісних вхідних даних.
		Управління ланцюгами постачання	Системи, які автоматизують управління постачаннями та забезпечують надійність ланцюгів.	Підвищують ефективність логістики, але вимагають ретельної інтеграції.
3	За рівнем адаптивності	Автоматизовані системи	Повна автоматизація управлінських процесів без необхідності людського втручання.	Підвищують ефективність, але потребують значних початкових інвестицій.
		Адаптивні системи	Системи, які можуть адаптувати свої стратегії управління залежно від змін зовнішнього середовища.	Гнучкі у використанні, але вимагають високого рівня технологічного розвитку.
		Гібридні системи	Поєднання автоматизованих та адаптивних функцій для комплексного управління.	Збалансовані, але можуть бути дорогими у розробці.
4	За ступенем інтеграції	Ізольовані системи	Функціонують автономно, не маючи інтеграції з іншими підприємницькими процесами або системами.	Простота у впровадженні, але обмежені можливості масштабування.
		Інтегровані системи	Мають взаємодію з ERP, CRM, SCM системами.	Покращують обмін даними, але можуть мати складнощі у сумісності.
		Дистрибутивні системи	Працюють через декілька локацій або підрозділів, забезпечують комплексне управління на всіх рівнях.	Гнучкі та масштабовані, але складні в управлінні.

Звкінчення таблиці 1

1	2	3	4	5
5	За сферою застосування	Фінансові системи	Інтелектуальні системи для управління фінансами, проведення транзакцій, автоматизації банківських операцій.	Висока швидкість і точність, але потребують суворої безпеки.
		Виробничі системи	Системи, що управляють виробничими процесами, оптимізують використання ресурсів та знижують витрати.	Покращують ефективність виробництва, але вимагають значних ресурсів для впровадження.
		Логістичні системи	Системи для автоматизації логістичних процесів, управління постачанням та перевезеннями товарів.	Підвищують надійність поставок, але складні у налаштуванні.
6	За рівнем автономності	Повністю автономні системи	Використовують штучний інтелект для ухвалення рішень без втручання людини.	Максимальна ефективність, але висока вартість та потреба в технологічному забезпеченні.
		Напівавтономні системи	Вимагають часткового контролю оператора, але можуть самостійно виконувати частину функцій.	Оптимальне поєднання автоматизації та контролю, але можливі помилки при взаємодії.
		Системи з ручним контролем	Використовують автоматизацію лише як допоміжний інструмент, всі ключові рішення ухвалюються людьми.	Підвищена надійність для критичних операцій, але менш ефективні у масштабах великого бізнесу.

Джерело: складно авторами на основі аналізу досліджень і публікацій

ефективних, стійких та адаптивних управлінських систем. Проте успіх впровадження таких технологій потребує додаткових інвестицій та підготовки персоналу для гарантування оптимального функціонування систем в умовах нестабільного національного ринку та зовнішніх загроз.

Висновки. Запропонована в дослідженні системна класифікація сучасних інтелектуальних систем управління є важливим кроком до формування методологічної бази для впровадження таких систем у практику управління підприємствами. Структурована систематизація ІСУ за критеріями технології, функціональності, адаптивності, сфери застосування, ступеня інтеграції та автономності дозволяє чітко означити вже наявні підходи та полегшити прийняття управлінського рішення щодо вибору оптимальної моделі відповідно до потреб конкретного підприємства – від виробничого та торгівельного до логістичного і фінансового. Запропонована класифікація також дає змогу оцінювати сильні та слабкі сторони кожного типу системи ще до моменту її впровадження. Перспективи застосування цієї класифікації полягають у можливостях її використання як одного з базових параметрів під час розробки стратегій цифрової трансформації підприємств, підготовки техніко-економічного обґрунтування впровадження інтелектуальних систем управління, формування галузевих стандартів та рекомендацій щодо оцінки ефективності ІСУ.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Weedmark D. The History of Management Information Systems. bizfluent.com. URL: https://bizfluent.com/about-5444925-history-management-information-systems.html (дата звернення: 18.03.2025).

2. Qureshi F. Episode-2: Exploring the Evolution-A Historical Overview of BMS [Post]. LinkedIn. URL: https://www.linkedin.com/pulse/exploring-evolution-historical-overview-bms-faheem-ahmad-qureshi-xrfzf (дата звернення: 18.03.2025).

3. Pech M. Classification of Small-and Medium-Sized Enterprises Based on the Level of Industry 4.0 Implementation. Applied Sciences. URL: https://doi.org/10.3390/app10155150 (дата звернення: 18.03.2025).

4. Kostal P. (2013). The Intelligent Manufacturing Systems. Advanced Science Letters.

5. Gill J. K. Enterprise Manufacturing Intelligence tools and use cases. XenonStack. URL: https://xenonstack.com/blog/enterprise-manufacturing-intelligence (дата звернення: 18.03.2025).

6. Visconti P., Rausa G., Del-Valle-Soto C., Velázquez R., Cafagna D., De Fazio R. Machine Learning and IoT-Based Solutions in Industrial Applications for Smart Manufacturing: *A Critical Review. Future Internet.* 2024. Vol. 16(11). P. 394. DOI: https://doi.org/10.3390/fi16110394 (дата звернення: 18.03.2025).

7. Stoykova S., Shakev N. Artificial Intelligence for Management Information Systems: Opportunities, Challenges, and Future Directions. *Algorithms*. 2023. Vol. 16 (8). P. 357. DOI: https://doi.org/10.3390/a16080357 (дата звернення: 18.03.2025).

8. Waseem U. Types of Industrial control Systems: Examples and applications. Wevolver. URL: https://

www.wevolver.com/article/types-of-industrial-control-systems-examples-and-applications (дата звернення: 18.03.2025).

9. ISO. Guidance on integrated management system standards just updated. ISO. URL: https://www.iso.org/news/ref2347.html (дата звернення: 18.03.2025).

10. Fekrisari M., Kantola, J. Integrating industry 4.0 in manufacturing: overcoming challenges and optimizing processes (case studies). *The TQM Journal.* 2023. Vol. 36 No. 9. Pp. 347–370. URL: https://doi.org/10.1108/TQM-12-2023-0411 (дата звернення: 18.03.2025).

11. Case J. Council Post: The role of Business Management Systems in Organizational growth. Forbes. URL: https://www.forbes.com/councils/forbestechcouncil/2023/12/13/the-role-of-business-management-systems-in-organizational-growth (дата звернення: 18.03.2025).

12. IBM Institute for Business Value. The CEO's guide to generative AI Application modernization. IBM. URL: https://www.ibm.com/thought-leadership/institute-business-value/en-us/report/ceo-generative-ai/application-modernization (дата звернення: 18.03.2025).

13. Association for Intelligent Information Management. AIIM 2023 State of the Intelligent Information Management Industry: In Partnership with Pivotal Moment in Information Management. AIIM. URL: https://www.aiim.org (дата звернення: 18.03.2025).