

sions]. *Visnyk Akademii pratsi, sotsialnykh vidnosyn i turyzmu. Seriya «Ekonomika, psykholohiia ta upravlinnia»*, 4.

<https://doi.org/10.54929/3041-2390-2025-04-01-07>

Sybirtsev V. V. & Zadorozhnia L. M. (2024). Osoblyvosti povedinkovykh finansiv v umovakh tsyfrovoy ekonomiky [Features of behavioral finance in the conditions of digital economy]. *Tsentrlnoukraiynskyi naukovyi visnyk. Seriya «Ekonomichni nauky»*, 12, 81–91. [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12\(45\).81-91](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2024.12(45).81-91)

Thaler R. H. (1999). Mental Accounting Matters. *Journal of Behavioral Decision Making*, 3(12), 183–206. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0771\(199909\)12:3<183::AID-BDM318>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0771(199909)12:3<183::AID-BDM318>3.0.CO;2-F)

Tversky A. & Kahneman D. (1974). Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases. *Science*, 4157(185), 1124–1131.

<https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>

Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів.

Під час підготовки цієї роботи автор використав інструмент штучного інтелекту Spark з метою редагування, вичитування та покращення оформлення статті. Після застосування зазначеного інструменту автор критично перевірів та відредагував отримані матеріали і несе повну відповідальність за зміст публікації.

Стаття надійшла до редакції / Received: 08.06.2026

Статтю прийнято до публікації / Accepted: 21.06.2026

Оприлюднено / Published: 30.07.2026

УДК 658.7, 004.89

JEL: D81; M11

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-6-253-262>

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У КОМПЛЕКСНОМУ УПРАВЛІННІ АСОРТИМЕНТОМ І ТОВАРНИМИ ЗАПАСАМИ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ШВИДКИХ РИНКОВИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

©2026 ЧЕРНОВА Н. Л., МАЩЕНКО М. А., ГУДИМЕНКО В. П.

УДК 658.7, 004.89

JEL: D81; M11

Чернова Н. Л., Машченко М. А., Гудименко В. П. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень у комплексному управлінні асортиментом і товарними запасами підприємства в умовах швидких ринкових трансформацій

У статті досліджено теоретичні та прикладні аспекти управління асортиментом і товарними запасами підприємства в умовах швидких ринкових трансформацій, що характеризуються високою динамічністю попиту, невизначеністю зовнішнього середовища та зростанням обсягів даних. Обґрунтовано доцільність використання інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень як інструменту підвищення ефективності управління асортиментом і запасами підприємства. Запропоновано концептуальну модель такої системи, яка являє собою інтегроване інформаційно-аналітичне середовище, що забезпечує повний цикл обробки даних – від їх збору до формування управлінських рішень. Структура системи включає низку взаємопов'язаних функціональних модулів. Модуль збору та інтеграції даних забезпечує консолідацію інформації з внутрішніх і зовнішніх джерел, а також її очищення, нормалізацію, агрегування та структурування. Модуль зберігання та управління даними відповідає за організацію єдиного інформаційного простору, контроль якості даних, підтримку їх актуальності, індексацію та забезпечення швидкого доступу до інформації. Аналітичний модуль реалізує комплекс методів статистичного аналізу, включно з кореляційним, регресійним і кластерним аналізом, а також декомпозицією часових рядів, що дозволяє виявляти закономірності та фактори впливу на попит. Підсистема прогнозування базується на поєднанні класичних моделей часових рядів і сучасних методів машинного навчання, зокрема нейронних мереж типу LSTM і ансамблевих підходів, що забезпечує підвищення точності прогнозування в умовах нестабільного попиту. Модуль оптимізації та підтримки прийняття рішень реалізує економіко-математичні моделі управління запасами та асортиментом, а також багатокритеріальні оптимізаційні задачі. Важливим елементом є сценарне моделювання, яке дозволяє оцінювати різні варіанти розвитку ринкової ситуації та обрати найбільш стійкі управлінські рішення з урахуванням ризиків і невизначеності. Інтерфейс взаємодії з користувачем забезпечує візуалізацію результатів аналізу у вигляді дашбордів, графіків і аналітичних звітів, а також надає рекомендації щодо управління запасами та формування асортименту. Інтерактивність системи дозволяє реалізовувати сценарії типу «що-якщо» та підтримувати оперативне прийняття рішень. Запропонована концептуальна модель дозволяє підвищити точність прогнозування попиту, оптимізувати рівень товарних запасів, знизити витрати та мінімізувати ризики дефіциту або надлишків, що сприяє підвищенню ефективності діяльності підприємства та зміцненню його економічної безпеки.

Ключові слова: управління запасами; асортимент; інтелектуальні системи; підтримка прийняття рішень; прогнозування попиту; машинне навчання; оптимізація.

Табл.: 1. Формул.: 15. Бібл.: 14.

Чернова Наталя Леонідівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та інтелектуальних технологій управління, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна)

E-mail: natalia.chernova@khp.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0073-8457>

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

ЕКОНОМІКА

Машченко Марина Анатоліївна – доктор економічних наук, професор, завідувачка кафедри підприємництва, торгівлі і логістики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна)

E-mail: Maryna.Mashchenko@khp.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8863-6040>

Гудименко В'ячеслав Павлович – аспірант кафедри підприємництва, торгівлі і логістики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (вул. Кирпичова, 2, Харків, 61002, Україна)

E-mail: viacheslav.hudymenko@emmb.khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4681-1602>

UDC 658.7, 004.89

JEL: D81; M11

Chernova N. L., Mashchenko M. A., Gudymenko V. P. The Intelligent Decision Support System in Comprehensive Management of Enterprise Assortment and Inventory Under Rapid Market Transformations

The article explores the theoretical and practical aspects of managing enterprise assortment and inventory under fast-changing market conditions, which are characterized by high demand dynamics, external uncertainties, and growing data volumes. The feasibility of using intelligent decision support systems as a tool to improve the efficiency of assortment and inventory management is substantiated. A conceptual model of such a system is proposed, representing an integrated information-analytical environment that ensures a full data processing cycle – from collection to managerial decision-making. The system's structure includes a number of interconnected functional modules. The data collection and integration module ensures the consolidation of information from internal and external sources, as well as its cleaning, normalization, aggregation, and structuring. The data storage and management module is responsible for organizing a unified information space, controlling data quality, keeping it up to date, indexing, and ensuring quick access to information. The analytics module implements a range of statistical analysis methods, including correlation, regression, and cluster analysis, as well as time series decomposition, which helps identify patterns and factors affecting demand. The forecasting subsystem is based on a combination of classic time series models and modern machine learning methods, including LSTM neural networks and ensemble approaches, which improves forecasting accuracy in conditions of unstable demand. The optimization and decision support module implements economic and mathematical models for inventory and assortment management, as well as multi-criteria optimization problems. An important feature is scenario modeling, which allows evaluating different market development options and choosing the most resilient managerial decisions considering risks and uncertainty. The user interface provides visualization of analysis results through dashboards, charts, and analytical reports, as well as recommendations for inventory management and assortment planning. The system's interactivity makes it possible to run «what-if» scenarios and support real-time decision-making. The proposed conceptual model helps improve demand forecasting accuracy, optimize inventory levels, reduce costs, and minimize the risks of shortages or surpluses, which enhances the company's operational efficiency and strengthens its economic security.

Keywords: inventory management; assortment; intelligent systems; decision support; demand forecasting; machine learning; optimization.

Tabl.: 1. **Formulae:** 15. **Bibl.:** 14.

Chernova Natalia L. – PhD (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Software Engineering and Intelligent Control Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (2 Kyrpychova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: natalia.chernova@khp.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0073-8457>

Mashchenko Maryna A. – D. Sc. (Economics), Professor, Head of the Department of Entrepreneurship, Trade and Logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (2 Kyrpychova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: Maryna.Mashchenko@khp.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8863-6040>

Gudymenko Viacheslav P. – Postgraduate Student of the Department of Entrepreneurship, Trade and Logistics, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (2 Kyrpychova Str., Kharkiv, 61002, Ukraine)

E-mail: viacheslav.hudymenko@emmb.khpi.edu.ua

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-4681-1602>

Сучасне ринкове середовище характеризується високим рівнем динамічності, невизначеності та швидкими змінами попиту. У таких умовах традиційні підходи до управління асортиментом і товарними запасами, що базуються на статичних моделях прогнозування та експертних оцінках, виявляються недостатньо ефективними. Вони не враховують багатфакторність впливів, сезонні коливання, поведінкові зміни споживачів та зовнішні шоки, що призводить до систематичних помилок у плануванні.

Як наслідок, підприємства стикаються з низкою внутрішніх загроз економічній безпеці, зокрема: надлишковими запасами, дефіцитом критичних товарів, зростанням витрат на зберігання,

втратами доходів через незадоволений попит і зниженням оборотності капіталу. Традиційні системи управління не забезпечують достатньої швидкості обробки інформації та адаптації до змін, що унеможливає своєчасне прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

За таких умов виникає об'єктивна потреба в упровадженні інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які здатні обробляти великі обсяги даних у режимі реального часу, виявляти приховані закономірності та формувати адаптивні прогнози. Використання таких систем дозволяє підвищити точність планування, своєчасно реагувати на зміни попиту та мінімізу-

вати ризики, що безпосередньо впливає на рівень економічної безпеки підприємства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблеми ефективного управління асортиментом і товарними запасами підприємств активно досліджуються в сучасній економічній та логістичній літературі. Більшість досліджень підкреслюють, що раціональне управління запасами є важливим чинником забезпечення безперервності виробничих і торговельних процесів, оптимізації витрат і підвищення конкурентоспроможності підприємств [1–3]. Управління запасами передбачає контроль, планування та регулювання кількості ресурсів, необхідних для забезпечення стабільної діяльності підприємства. Традиційно в теорії та практиці управління запасами застосовуються класичні економіко-математичні моделі, зокрема модель економічного розміру замовлення (*EOQ*), моделі поповнення запасів типу (Q, r) , а також різні методи класифікації запасів. Модель *EOQ* дозволяє визначити оптимальний розмір замовлення, який мінімізує сумарні витрати на зберігання та оформлення замовлень, і є однією з найстаріших моделей управління запасами, що широко використовується в операційному менеджменті. Модель (Q, r) визначає оптимальний момент поповнення запасів і розмір замовлення для мінімізації витрат на зберігання та дефіцит [4–6].

Крім математичних моделей, широко застосовуються методи класифікації запасів, зокрема *ABC-аналіз*, який передбачає розподіл товарів на групи залежно від їх економічної значущості та впливу на загальну вартість запасів. Такий підхід дозволяє концентрувати управлінську увагу на найбільш важливих позиціях асортименту [7].

Незважаючи на значну поширеність і практичну цінність, зазначені методи мають ряд обмежень. Більшість з них базуються на спрощених припущеннях, зокрема стабільності попиту, фіксованому часу поставки та відносно невеликій кількості факторів, що впливають на процес управління запасами. Крім того, зазначені підходи часто ґрунтуються на історичних даних продажів або експертних оцінках менеджерів, що обмежує їх здатність враховувати складні взаємозв'язки між різними факторами попиту, такими як сезонність, маркетингові кампанії, поведінка споживачів або зовнішні економічні зміни. У результаті підприємства можуть стикатися з проблемами дефіциту товарів або накопиченням надлишкових запасів.

Таким чином, у сучасних умовах розвитку електронної комерції, глобалізації ринків та значного збільшення асортименту товарів складність

управління запасами суттєво зростає, що ускладнює застосування лише традиційних методів. Вони залишаються базовими інструментами оптимізації, проте їх ефективність значно зростає при інтеграції з методами машинного навчання [8; 9].

Важливим напрямом розвитку систем управління асортиментом є використання моделей прогнозування попиту. У практиці управління широко застосовуються методи аналізу часових рядів, зокрема моделі ковзного середнього, експоненціального згладжування, а також регресійні підходи, що дозволяють виявляти базові закономірності зміни попиту та формувати прогнози на основі історичних даних. Водночас сучасні дослідження підтверджують, що точність прогнозування попиту є ключовим чинником ефективності управління запасами, оскільки похибки прогнозу можуть призводити як до дефіциту, так і до надлишкових запасів, що безпосередньо впливає на витрати підприємства та рівень обслуговування клієнтів. Тому дедалі більшого поширення набувають підходи, що поєднують різні методи прогнозування в межах єдиної аналітичної системи [10; 11].

У зв'язку з цим у сучасних дослідженнях все більша увага приділяється використанню інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень у сфері управління запасами та асортиментом. Такі системи дозволяють автоматизувати процес аналізу великих обсягів даних, використовувати алгоритми машинного навчання, нейронні мережі та інші інтелектуальні методи для прогнозування попиту й оптимізації управлінських рішень. Інтелектуальні системи управління забезпечують більш точний аналіз складних і динамічних ринкових процесів, дозволяють враховувати невизначеність попиту та адаптувати управлінські рішення до змін зовнішнього середовища. Використання методів аналітики даних і штучного інтелекту сприяє підвищенню точності прогнозування, оптимізації рівня запасів та зниженню витрат підприємства [9; 12–14].

Таким чином, результати аналізу наукових досліджень свідчать, що традиційні моделі управління запасами та асортиментом залишаються важливою основою для прийняття управлінських рішень, проте їх ефективність значно зростає в поєднанні із сучасними інформаційними технологіями. Це обумовлює необхідність формування інтегрованого підходу до управління асортиментом і товарними запасами підприємства, який передбачає поєднання класичних економіко-математичних моделей із інтелектуальними системами підтримки прийняття рішень і сучасними методами аналізу даних.

Метою дослідження є розробка концептуальної моделі інтелектуальної системи підтримки

прийняття рішень щодо управління асортиментом і товарними запасами підприємства в умовах швидких ринкових трансформацій.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Структура концептуальної моделі, представлена на *рис. 1*, включає декілька ключових функціональних модулів.

Модуль збору та інтеграції даних є початковим елементом і виконує функцію формування єдиного інформаційного середовища для подальшої аналітичної обробки. Основним призначенням цього модуля є отримання, консолідація та попередня підготовка даних з різних внутрішніх і зовнішніх джерел, необхідних для аналізу та прийняття управлінських рішень. У рамках функціонування даного модуля здійснюється автоматизований збір даних із корпоративних інформаційних систем підприємства, таких як системи управління ресурсами підприємства (*ERP*), системи управління взаємовідносинами з клієнтами (*CRM*), системи управління складом (*WMS*), а також інших внутрішніх інформаційних ресурсів. До основних типів даних, що обробляються модулем, належать дані про обсяги продажів, структуру асортименту, залишки товарів на складах, історію закупівель, логістичні операції та фінансові показники діяльності підприємства.

Крім внутрішніх інформаційних ресурсів, модуль забезпечує інтеграцію зовнішніх даних, які можуть впливати на формування попиту та ефективність управління запасами. До таких даних належать інформація про ринкові тенденції, сезонні коливання попиту, макроекономічні показники, маркетингову активність конкурентів та інші фактори зовнішнього середовища.

Важливою функцією модуля є забезпечення узгодженості, повноти та достовірності інформації. З цієї метою в межах модуля реалізуються процедури попередньої обробки даних, які включають очищення даних від помилок і дублювань, нормалізацію форматів даних, агрегування інформації, а також її структурування відповідно до вимог аналітичних моделей системи.

Під очищенням даних від помилок і дублювань розуміємо формування множини даних виду $D_{cl} = \{x \in D_r \mid x \text{ валідний і унікальний}\}$, де x – окремий запис даних, валідність якого перевіряється; D_r – початкові дані. При цьому здійснюються процедури виявлення та видалення дублікатів, заповнення пропущених значень, фільтрація аномальних значень.

Далі здійснюється нормалізація очищених даних $D_n = \{f(x) \mid x \in D_{cl}\}$, де $f(x)$ – функція перетворення даного запису x у стандартний формат.

Метою агрегування є формування зведених показників, необхідних для аналітики та прогнозування $D_{agg} = G(D_n, H, F)$, де G – функція агрегування; H – групуючі ознаки; F – функції агрегації.

Метою структурування є адаптація підготовлених масивів даних до формату, необхідного для аналітичного модуля і моделей прогнозування $D_{agg} = \psi(D_{agg}, R_{model})$, де ψ – функція перетворення даних відповідно до вимог моделей. Процедури структурування включають: приведення даних до табличних чи матричних структур, формування змінних ознак для прогнозних моделей, розділення даних на навчальні/тестові набори для моделей машинного навчання.

Таким чином, результатом роботи модуля є структурований, очищений та агрегований масив даних, готовий для використання аналітичними та інтелектуальними компонентами системи підтримки прийняття рішень. Модуль забезпечує інформаційну основу функціонування всієї інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

Модуль зберігання та управління даними виконує функцію систематизації, довготривалого зберігання та забезпечення доступності інформації для аналітичних і прогнозних процесів. Даний модуль забезпечує інтеграцію підготовлених даних, що надходять з модуля збору та попередньої обробки, та формує структурований інформаційний простір, необхідний для функціонування аналітичних моделей та оптимізаційних алгоритмів. Модуль забезпечує організацію даних, контроль їх цілісності, актуальності та несуперечності. Його основними задачами є:

- ✦ підтримання актуальних записів та версій даних;
- ✦ контроль якості даних та обробка помилок введення;
- ✦ управління метаданими (опис структури, джерело та час оновлення даних);
- ✦ організація індексації та пошуку інформації для забезпечення високої швидкості доступу.

Модуль управляє доступом різних компонентів системи до даних з урахуванням рівня прав користувачів та алгоритмів обробки. Це включає підтримку запитів аналітичного модуля, оптимізації та візуалізації, а також зовнішніх інтеграційних сервісів.

Модуль інтегрується з базою знань системи, яка містить правила формування рекомендацій, моделі прогнозування та оптимізації, історичні шаблони та сценарії прийняття рішень. Це забезпечує сумісність даних з аналітичними та інтелектуальними алгоритмами системи.

Модуль може бути представлений у вигляді кількох рівнів:

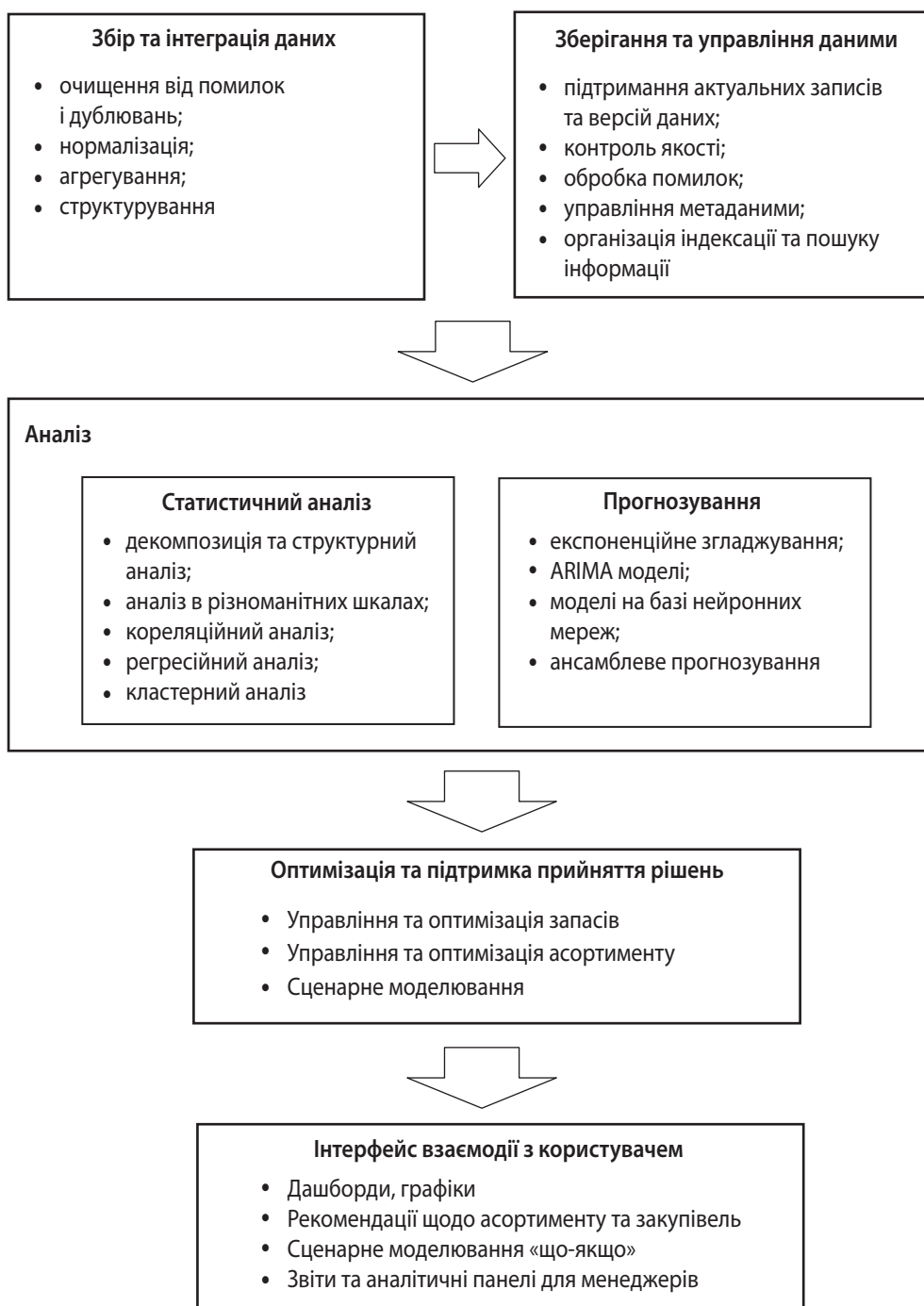


Рис. 1. Інтелектуальна система підтримки прийняття рішень у комплексному управлінні асортиментом і товарними запасами

Джерело: авторська розробка.

- ✦ *Шар зберігання даних* – бази даних (реляційні, нереляційні), сховища даних (Data Warehouse), хмарні сховища.
- ✦ *Шар управління* – механізми контролю цілісності, індексації, версійності та метаданих.
- ✦ *Шар доступу* – інтерфейси для аналітичних модулів, API для зовнішніх систем та модулів візуалізації.

Таким чином, модуль виконує функцію централізованого репозиторію, що забезпечує струк-

туроване зберігання, управління, інтеграцію та доступ до даних, які необхідні для прогнозування попиту, оптимізації асортименту та управління товарними запасами підприємства.

Аналітичний модуль є центральним компонентом інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень та відповідає за обробку, аналіз та інтерпретацію даних, що надходять з модуля зберігання та управління даними. Основна

мета модуля – виявлення закономірностей, прогнозування показників та підготовка інформації для подальшого прийняття оптимальних управлінських рішень.

Аналітичний модуль, своєю чергою, є сукупністю таких підсистем: статистичного аналізу, прогнозування, візуалізації та звітності.

Підсистема статистичного аналізу є центральним елементом аналітичного модуля та призначена для виявлення закономірностей, залежностей і трендів у даних про продаж, асортимент і запаси підприємства. Її основна мета – ідентифікація динамічних властивостей даних, верифікація гіпотез про взаємозв'язок факторів та зниження розмірності даних.

Функціонування підсистеми підтримується моделями декомпозиції та структурного аналізу часового ряду, кореляційного аналізу, множинної регресії, багатовимірної інтелектуальної кластеризації. Розглянемо роль кожного типу моделей окремо.

Модель декомпозиції та структурного аналізу часового ряду використовується для виділення не випадкових складових у ретроспективних даних про продаж. Часовий ряд попиту $Y(t)$ представляється як функція від чотирьох компонентів: $Y(t) = f(T(t), S(t), C(t), E(t))$, де $T(t)$ – детермінований тренд; $S(t)$ – сезонна компонента; $C(t)$ – циклічна компонента; $E(t)$ – стохастичний шум.

Окрім безпосередньої побудови моделі, проводиться тест Дікі – Фуллера (ADF) для перевірки ряду на стаціонарність, що є критично важливим для вибору адекватного алгоритму в модулі прогнозування.

Моделі аналізу даних у різних шкалах виміру. Для забезпечення коректної роботи з якісними та кількісними ознаками в системі реалізуються: коефіцієнт рангової кореляції Спірмена для даних у порядковій шкалі, критерій χ^2 -квадрат Пірсона для аналізу залежностей у номінальній шкалі, метод фіктивних змінних для перетворення якісних індикаторів у бінарний код.

Модель кореляційного аналізу застосовується для кількісної оцінки тісноти та напрямів зв'язку між обсягами продажу різних товарних груп, а також для виявлення найбільш значущих екзогенних факторів.

Регресійна модель використовується для кількісної оцінки впливу різних факторів на попит чи продаж товарів. Вона дозволяє визначити, наскільки зміни в зовнішніх і внутрішніх змінних позначаються на обсязі попиту. Базовим варіантом є лінійна багатوافакторна модель виду

$$Y = a_0 + \sum a_i X_i + \sum b_j U_j + \varepsilon,$$

де X_i – кількісні фактори; U_j – фіктивні змінні, що відображають якісні фактори.

МОДЕЛІ ОДНОВИМІРНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ

Модель ABC. Метою моделі є поділ асортименту на класи за ступенем впливу на загальний оборот або прибуток підприємства:

$$class_i^{ABC} = \begin{cases} A, C_i \geq \alpha_A \\ B, \alpha_B \leq C_i < \alpha_A, \\ C, C_i < \alpha_B \end{cases}$$

де C_i – частка виручки товару i у загальному товарообігу; α_A, α_B – порогові значення.

Модель XYZ:

$$class_i^{XYZ} = \begin{cases} X, V_i \leq 0,1 \\ Y, 0,1 < V_i \leq 0,25, V_i = \frac{\sigma_i}{D_i}, \\ Z, V_i > 0,25 \end{cases}$$

де V_i – коефіцієнт варіації попиту на товар i ; σ_i – стандартне відхилення попиту; D_i – середнє значення попиту.

Модель багатовимірної кластеризації забезпечує автоматичну сегментацію асортименту на основі багатовимірного вектора ознак. Процес формалізується як завдання мінімізації сумарного квадратичного відхилення об'єктів від центроїдів відповідних кластерів:

$$\arg \min_S \sum_{j=1}^K \sum_{x \in S_j} \|x - c_j\|^2,$$

де S_j – підмножина об'єктів j -го кластера; c_j – вектор еталонних значень для даної групи.

Оскільки традиційний алгоритм K -means чутливий до шкал, для обробки змішаних типів даних використовується метрика Говера, що дозволяє обчислити відстань між об'єктами, що мають як кількісні, так і якісні ознаки:

$$d(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^p w_k S_{ijk}}{\sum_{k=1}^p w_k},$$

де S_{ijk} – коефіцієнт подібності для k -ї ознаки, що належить від її шкали.

Модельна підтримка підсистеми прогнозування. Ця підсистема призначена для трансформації ретроспективних даних і виявлених статистичних закономірностей у прогнозні значення. В умовах швидких ринкових трансформацій система має поєднувати класичну екстраполяцію з методами адаптивного та глибокого навчання.

Адаптивні моделі експоненційного згладжування (модель Хольта – Уінтерса) – застосовуються для короткострокового прогнозування попиту на товари з вираженими сезонними коливаннями та лінійним трендом. Модель дозволяє

динамічно оновлювати ваги параметрів під час надходження нових даних. Формально система рівнянь включає такі компоненти рівня, тренду та сезонності:

$$\begin{aligned}L_t &= a(Y_t - S_{t-m}) + (1-a)(L_{t-1} + T_{t-1}), \\T_t &= b(L_t - L_{t-1}) + (1-b)T_{t-1}, \\S_t &= c(Y_t - L_t) + (1-c)S_{t-m},\end{aligned}$$

де a , b , c – параметри згладжування рівня, тренду, сезонності; M – довжина сезону, $\hat{Y}_{t+h} = L_t + hT_t + S_{t-m+h}$.

Інтегрована модель авторегресії – ковзною середнього (ARIMA) – використовується для прогнозування часових рядів зі складною структурою. Модель ARIMA (p, d, q) дозволяє враховувати інерційність попиту та вплив випадкових шоків минулих періодів:

$$\Phi_p(L)(1-L)^d Y_t = \theta_q(L)\varepsilon_t,$$

де L – оператор лага; Φ_p – параметри авторегресії; d – порядок різниці ряду; θ_q – параметри ковзного середнього.

Прогностичні моделі на базі нейронних мереж з довгою короткостроковою пам'яттю (LSTM). На відміну від статистичних методів, рекурентні нейронні мережі архітектури LSTM здатні виявляти приховані нелінійні залежності у великих масивах даних. Це є критично важливим за умов різких структурних змін на ринку. На відміну від класичних нейронних мереж LSTM враховує не лише поточне значення, а й попередній контекст, що дозволяє виявляти довгострокові залежності в даних.

На кожному кроці часу t модель виконує три основні операції: відбір інформації, оновлення пам'яті, формування виходу. Модель формує вихідне значення, використовуючи оновлений стан пам'яті: $h_t = F(h_{t-1}, x_t)$, де x_t – вхідні дані, h_t – стан системи в момент t ; F – нелінійна функція (LSTM – архітектура).

Ансамблеве прогнозування. Для підвищення надійності в компоненті реалізовано алгоритм «змагання моделей». Система паралельно розраховує прогноз декількома методами та формує підсумкове рішення на основі середньозваженого значення, де ваги визначаються точністю моделі на перевіірочній вибірці:

$$\hat{Y}_{final} = \sum_{i=1}^n w_i \hat{Y}_i, \sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Модуль оптимізації та підтримки прийняття рішень призначений для формування обґрунтованих управлінських рішень на основі результатів аналітичного модуля. Його основна функція полягає у визначенні оптимальних параметрів управління асортиментом і товарними запасами з урахуванням цілей підприємства, обмежень ресурсів та невизначеності ринкового середовища.

Функціонування модуля забезпечується комплексом економіко-математичних моделей, які можна згрупувати таким чином.

Базовою є модель економічного розміру замовлення (EOQ), яка визначає такий обсяг замовлення, який забезпечує мінімізацію сукупних витрат на управління запасами, включно з витратами на оформлення замовлень і витратами на зберігання продукції.

Формальна модель:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}},$$

де Q^* – оптимальний розмір замовлення; D – прогнозований попит на товар за певний період (визначається аналітичним модулем); S – витрати на оформлення одного замовлення; H – витрати на зберігання одиниці товару за період.

Використання моделі дозволяє формувати рекомендації щодо обсягів закупівель, знизити витрати на управління запасами, підвищити ефективність використання складських ресурсів.

Модель точки замовлення дозволяє визначити момент поповнення запасів для запобігання дефіциту. Базовий вигляд моделі: $ROP = d \cdot L + SS$, де d – середній попит за одиницю часу; L – час поставки; SS – страховий запас.

У більш складних умовах застосовуються також динамічні моделі управління запасами, які враховують змінність попиту в часі, сезонність та обмеження ресурсів. Такі моделі дозволяють адаптувати обсяги замовлень і частоту поставок відповідно до поточних умов ринку.

Моделі оптимізації асортименту спрямовані на формування такої структури товарного портфеля, що забезпечує досягнення стратегічних цілей підприємства (максимізація прибутку, зростання обороту, мінімізація витрат тощо) за наявних ресурсних обмежень:

$$\max Z = \sum_{i=1}^n p_i(x_i)x_i - C(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

$$g_k(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_k,$$

де x_i – об'єми виробництва i -го товару; $p_i(x_i)$ – функція прибутку для i -го товару; C – функція витрат; g_k – k -те обмеження.

У задачах управління асортиментом підприємство, як правило, стикається не з однією, а з кількома суперечливими цілями. Зокрема, необхідно одночасно максимізувати прибуток, забезпечити високий рівень обслуговування споживачів, мінімізувати ризик дефіциту та обмежити витрати на зберігання запасів. У зв'язку з цим доцільним є застосування моделей багатокрите-

ріальної оптимізації, які дозволяють враховувати декілька цільових функцій одночасно:

$$\max Z = \{f_1(x), \dots, f_m(x)\}, \\ g_k(x) \leq b_k.$$

Сценарне моделювання в межах модуля оптимізації та підтримки прийняття рішень використовується для аналізу можливих варіантів розвитку ринкової ситуації та оцінки їх впливу на ефективність управління асортиментом і запасами. Особливість цього підходу полягає в тому, що він дозволяє враховувати невизначеність попиту, зміну ринкових умов і ризики, які неможливо повністю описати однією детермінованою моделлю.

У практиці управління асортиментом і запасами доцільно формувати такі типи сценаріїв:

- ✦ *Базовий сценарій* – відповідає прогнозу аналітичного модуля без істотних змін умов.
- ✦ *Оптимістичний сценарій* – передбачає зростання попиту, збільшення продажів, стабільні поставки.
- ✦ *Песимістичний сценарій* – враховує падіння споживання, затримки постачання, зростання витрат.
- ✦ *Сценарій шоків змін* – різке зростання попиту.
- ✦ *Сценарій зміни асортименту* – включення/виключення певних товарів або зміна їх ролі.

Сценарне моделювання використовується в поєднанні з моделями оптимізації: для кожного сценарію розв'язується задача оптимізації, та отримані рішення порівнюються між собою. Наприкінці обирається рішення, яке є стійким до змін умов:

$$x^* = \arg \max_x \sum_{k=1}^K w_k R(S_k, x),$$

де w_k – ймовірність сценарію; x^* – оптимальне рішення з урахуванням усіх сценаріїв; S_k – k -й сценарій; $R(S_k, x)$ – результат функціонування системи за сценарієм S_k .

Інтерфейс взаємодії з користувачем. Заключним компонентом концептуальної моделі інтелектуальної системи управління асортиментом і запасами є інтерфейс користувача, який виконує роль посередника між складними аналітичними та оптимізаційними моделями і менеджером підприємства. Головне завдання цього компонента – зробити результати аналізу зрозумілими, наочними та оперативно доступними, щоб керівники могли приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Інтерфейс забезпечує подання результатів статистичного аналізу, прогнозів попиту, класифікації товарів за ABC/XYZ і сценарного моделювання. Менеджер може побачити графіки динаміки продажів, розподіл товарів за категоріями, про-

гнозні тренди, відхилення від базового сценарію, а також інші ключові показники, необхідні для управління запасами та формування оптимального асортименту.

Крім візуалізації даних, інтерфейс надає рекомендації щодо управління запасами та асортиментом. Наприклад, система може показувати оптимальні обсяги закупівель за моделлю EOQ, точки повторного замовлення, а також пропонувати різні сценарії формування асортименту з оцінкою їх ризиків і можливих вигод. Завдяки цьому менеджер не лише отримує аналітичні дані, а й практичні варіанти дій для оперативного впровадження.

Особливу роль відіграє інтерактивність інтерфейсу. Користувач може задавати параметри сценаріїв – змінювати обсяг попиту, годину постачання, бюджет чи критерії оптимізації – і відразу побачити, як це вплине на результати моделей. Така функціональність дозволяє проводити аналіз «що, якщо», оцінювати ризики та ефективність різних стратегій управління запасами та асортиментом.

Для зручності сприйняття інформації інтерфейс використовує різні форми подання даних. Це можуть бути інтерактивні дашборди, теплові мапи для оцінки ризиків по товарах, діаграми Парето для аналізу пріоритетів або графіки сценарних прогнозів із можливістю порівняння варіантів. Крім того, система може надавати як зводні звіти для керівників вищого рівня, так і детальну аналітику для спеціалістів, відповідальних за управління запасами та асортиментом.

Таким чином, інтерфейс користувача є не просто візуалізаційним компонентом системи, а своєрідним мостом між математичними моделями та практичним управлінням. Він інтегрує результати статистичного аналізу, прогнозування, оптимізації запасів та асортименту, а також сценарного моделювання, що забезпечує інтуїтивно зрозумілий та адаптивний доступ до даних. Саме завдяки такому підходу керівники можуть приймати оперативні, обґрунтовані та стратегічно важливі рішення навіть у динамічному та невизначеному ринковому середовищі.

Отже, запропонована інтелектуальна система підтримки прийняття рішень є важливим інструментом сучасного управління підприємствами в умовах цифрової трансформації та зростання обсягів даних. Їх використання забезпечує автоматизацію аналітичних процесів, підвищення точності прогнозування, зниження впливу суб'єктивних факторів і покращення обґрунтованості управлінських рішень. Запропонована концептуальна модель інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень як інтегрованого

інформаційно-аналітичного середовища дозволяє ефективно об'єднати процеси збору, зберігання, аналізу та інтерпретації даних, що сприяє оптимізації асортименту, управлінню товарними запасами та підвищенню адаптивності підприємства до змін ринкового середовища.

Перспективи подальших досліджень полягають у поглибленні та практичній реалізації запропонованої концептуальної моделі інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень. Зокрема, доцільним є: розробка програмної реалізації системи з використанням сучасних платформ обробки великих даних і хмарних технологій; дослідження ефективності різних алгоритмів машинного навчання (зокрема, глибоких нейронних мереж) для прогнозування попиту в умовах нестабільних ринків; інтеграція системи з реальними корпоративними інформаційними системами; розширення моделей багатокритеріальної оптимізації з урахуванням ризиків, невизначеності та поведінкових факторів споживачів; розвиток адаптивних механізмів самонавчання системи на основі нових даних; апробація моделі на підприємствах різних галузей для оцінки її практичної ефективності. ■

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Silver E. A., Pyke D. F., Thomas D. J. Inventory and Production Management in Supply Chains. 4th ed. Boca Raton, FL : CRC Press, 2016. 782 p.
2. Snyder L. V., Shen Z-J. M. Fundamentals of Supply Chain Theory. 2nd ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2019. 784 p.
3. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow, UK : Pearson Education Limited, 2016. 528 p.
4. Parasian A., Sakti H. R., Novarianti I. K., Nurcahyo R. Application of Economic Order Quantity (EOQ) for Make-To-Order (MTO) Business. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (16–18 August, 2021). Bangalore, India, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.46254/IN01.20210074>
5. Adzaky M. R., Erlina Rr., Ambarwati D. A. S. Analysis of Raw Material Inventory Control with Using Economic Order Quantity (EOQ) Method. *Journal of Business Management and Economic Development*. 2024. Vol. 2. Iss. 03. P. 1321–1334.
DOI: <https://doi.org/10.59653/jbmed.v2i03.977>
6. Rajnikant P. N., Khanna R. Smart EOQ models for sustainable supply chains. *Asian Research Journal of Mathematics*. 2025. Vol. 21. Iss. 7. P. 1–12.
DOI: <https://doi.org/10.9734/arjom/2025/v21i7961>
7. Lin Y. Application of ABC Analysis and Linear Regression Model in Inventory Management. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*. 2024. Vol. 126. P. 111–119.
DOI: <https://doi.org/10.54254/2754-1169/2024.18326>

8. Mittal M., Jain V., Pandey J. T., Jain M., Dem H. Optimizing Inventory Management: A Comprehensive Analysis of Models Integrating Diverse Fuzzy Demand Functions. *Mathematics*. 2024. Vol. 12. Iss. 1. Art. 70.
DOI: <https://doi.org/10.3390/math12010070>
9. Shahzadi G., Jia F., Chen L., John A. AI adoption in supply chain management: a systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2024. Vol. 35. Iss. 6. P. 1125–1150.
DOI: <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2023-0431>
10. Liu Z., Zhao Yu., Yang S. et al. Time Series Analysis of Product Demand Forecasting and Inventory Optimization on E-commerce Platforms. *Journal of Electronics and Information Science*. 2024. Vol. 9. Iss. 1. P. 49–54.
DOI: <https://doi.org/10.23977/jeis.2024.090108>
11. Fildes R., Ma Sh., Kolassa S. Retail forecasting: Research and practice. *International Journal of Forecasting*. 2022. Vol. 38. Iss. 4. P. 1283–1318.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.06.004>
12. Power D. J. Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers. Westport, CT : Quorum Books, 2002. 272 p.
13. Fosso Wamba S., Gunasekaran A., Dubey R., Ngai E. W. T. Big data analytics in operations and supply chain management. *Annals of Operations Research*. 2018. Vol. 270.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-018-3024-7>
14. Choi T.-M., Wallace S. W., Wang Y. Big Data Analytics in Operations Management. *Production and Operations Management*. 2018. Vol. 27. Iss. 10.
DOI: <https://doi.org/10.1111/poms.12838>

REFERENCES

- Adzaky M. R., Erlina Rr. & Ambarwati D. A. S. (2024). Analysis of Raw Material Inventory Control with Using Economic Order Quantity (EOQ) Method. *Journal of Business Management and Economic Development*, 03(2), 1321–1334.
<https://doi.org/10.59653/jbmed.v2i03.977>
- Choi T.-M., Wallace S. W. & Wang Y. (2018). Big Data Analytics in Operations Management. *Production and Operations Management*, 10(27).
<https://doi.org/10.1111/poms.12838>
- Christopher M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. Harlow, UK: Pearson Education Limited.
- Fildes R., Ma Sh. & Kolassa S. (2022). Retail forecasting: Research and practice. *International Journal of Forecasting*, 4(38), 1283–1318.
<https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2019.06.004>
- Fosso Wamba S., Gunasekaran A., Dubey R. & Ngai E. W. T. (2018). Big data analytics in operations and supply chain management. *Annals of Operations Research*, 270.
<https://doi.org/10.1007/s10479-018-3024-7>
- Lin Y. (2024). Application of ABC Analysis and Linear Regression Model in Inventory Management. *Advances*

- in *Economics, Management and Political Sciences*, 126, 111–119.
<https://doi.org/10.54254/2754-1169/2024.18326>
- Liu Z., Zhao Yu. & Yang S. (2024). Time Series Analysis of Product Demand Forecasting and Inventory Optimization on E-commerce Platforms. *Journal of Electronics and Information Science*, 1(9), 49–54.
<https://doi.org/10.23977/jeis.2024.090108>
- Mittal M., Jain V., Pandey J. T., Jain M. & Dem H. (2024). Optimizing Inventory Management: A Comprehensive Analysis of Models Integrating Diverse Fuzzy Demand Functions. *Mathematics*, 1(12).
<https://doi.org/10.3390/math12010070>
- Parasian A., Sakti H. R., Novarianti I. K. & Nurcahyo R. (2021). Application of Economic Order Quantity (EOQ) for Make-To-Order (MTO) Business. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Bangalore, India.
<https://doi.org/10.46254/IN01.20210074>
- Power D. J. (2002). *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport, CT: Quorum Books.
- Rajnikant P. N. & Khanna R. (2025). Smart EOQ models for sustainable supply chains. *Asian Research Journal of Mathematics*, 7(21), 1–12.
<https://doi.org/10.9734/arjom/2025/v21i7961>
- Shahzadi G., Jia F., Chen L. & John A. (2024). AI adoption in supply chain management: a systematic literature review. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 6(35), 1125–1150.
<https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2023-0431>
- Silver E. A., Pyke D. F. & Thomas D. J. (2016). *Inventory and Production Management in Supply Chains*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Snyder L. V. & Shen Z.-J. M. (2019). *Fundamentals of Supply Chain Theory*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Дослідження не отримувало зовнішнього фінансування.
Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.
Штучний інтелект для підготовки рукопису не використовувався.
- Стаття надійшла до редакції / Received: 08.06.2026
Статтю прийнято до публікації / Accepted: 21.06.2026
Оприлюднено / Published: 30.07.2026

УДК 005.336.4:004.738.5
JEL: A23; C45; M21
DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-6-262-270>

МОДЕЛЮВАННЯ КОМПЕТЕНЦІЙ ЛЮДСЬКИХ РЕСУРСІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

©2026 БРЮХОВЕЦЬКА Н. Ю., ІЄВЛЄВ В. В.

УДК 005.336.4:004.738.5
JEL: A23; C45; M21

Брюховецька Н. Ю., Ієвлев В. В. Моделювання компетенцій людських ресурсів на основі використання нечіткої логіки

У статті наведено результати дослідження теоретичних і практичних аспектів побудови математичної моделі оцінювання цифрових компетенцій людських ресурсів підприємства. Побудова математичної моделі для оцінювання цифрових компетенцій персоналу передбачає перехід від якісних експертних оцінок до кількісних показників. Це дозволяє автоматизувати процес управління талантами за допомогою спеціалізованих систем. Було проведено огляд наукових публікацій із заданої тематики, виділено основні аспекти роботи зі створення системи показників цифрових компетенцій на сучасних підприємствах. Також було розглянуто сутність компетентнісного підходу до управління людськими ресурсами та поняття «компетентність». Розроблена модель оцінки цифрових компетенцій людських ресурсів підприємства включає п'ять основних етапів: розробка показників, що використовуються в оцінці; визначення кластерів моделі компетенцій; проведення експертної оцінки компетенцій; розробка математичної моделі компетенцій оцінки людських ресурсів з використанням нечітких множин; прийняття рішень щодо відбору людських ресурсів. Ця модель базується на правилах нечіткої логіки та повинна враховувати вплив цифрових компетенцій людських ресурсів підприємства. Отже, метою цього дослідження є розробка оптимального інструменту для моделювання процесу прийняття рішень під час ранжування претендентів на роботу з урахуванням числових характеристик людських ресурсів підприємства. Запропонований підхід до оцінки компетентності людських ресурсів підприємства усуває основні недоліки традиційних шкал оцінки. Механізми визначення та аналізу консенсусних думок, розроблені в рамках цього підходу, дозволять досягти необхідного рівня якості та об'єктивності оцінки, а автоматизація процесу зменшить необхідні фінансові та виробничі витрати.

Ключові слова: компетенція; людські ресурси; нечітка логіка; модель; підприємство; цифрові компетенції.

Рис.: 1. Табл.: 4. Формул: 4. Бібл.: 14.

Брюховецька Наталя Юхимівна – доктор економічних наук, професор, завідувачка відділу проблем економіки підприємств, Інститут економіки промисловості НАН України (вул. Марії Капніст, 2, Київ, 03057, Україна)

E-mail: n.bryukhovetskaya@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6652-4523>

Ієвлев Віктор Володимирович – аспірант, Інститут економіки промисловості НАН України (вул. Марії Капніст, 2, Київ, 03057, Україна)

E-mail: viktors0001v@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2234-8664>