

УДК 004.89

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.4.7>

АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ АСОРТИМЕНТОМ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РІВНЯ ТОВАРНИХ ЗАПАСІВ

Кочун В. В. – старший викладач кафедри штучного інтелекту та аналізу даних Національного університету «Одеська політехніка»
ORCID ID: 0009-0003-4636-5099

Ворона М. В. – PhD, викладач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0003-4288-0096

Михелсе І. Л. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0001-9579-6547

Беркунський Є. Ю. – старший викладач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0001-8876-1784

Пауленко А. Ю. – старший викладач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0002-3776-8377

У сучасних умовах ринкової нестабільності та високої динамічності попиту комерційні організації стикаються зі значними труднощами при управлінні асортиментом і товарними запасами. Традиційні підходи до управління запасами часто не забезпечують необхідної гнучкості та адаптивності до змін, що може призвести до неефективного використання ресурсів та втрати конкурентних переваг.

Мета роботи – запропонувати дієвий алгоритм оцінювання, аналізу та управління асортиментом та підвищення ефективності управління товарними запасами за допомогою поєднання математико-статистичного аналізу, методів інтелектуального аналізу даних та лінійного прогнозування на прикладі комерційної організації, яка має розгалужену торговельну мережу гуртово-роздрібних магазинів.

Запропонований підхід складається з кількох етапів, що включають класифікацію товарів на основі їх важливості для бізнесу (ABC аналіз) та стабільності попиту (XYZ аналіз). Далі, на основі отриманих результатів, створюється асортиментна матриця, що об'єднує товари в групи з використанням методу дерева рішень. Останній етап описує модель прогнозування закупівель, яке враховує динаміку попиту, сезонність та інші зовнішні фактори. Такий багаторівневий підхід дозволяє не лише зменшити витрати на зберігання товарів, але й забезпечити безперерйне задоволення потреб клієнтів.

Стаття підкреслює, що використання певних методів управління асортиментом та запасами окремо, не в рамках спеціалізованих алгоритмів може не надавати очікуваного ефекту у розв'язанні мети. Дана робота присвячена саме розв'язанню конкретних задач по підвищенню ефективності управління асортиментом та запасами за допомогою поєднання методів аналізу у дієві алгоритми.

Практичне застосування алгоритму продемонструвало його ефективність у реальних умовах, дозволивши організації гнучко реагувати на зміни ринку та знижувати ризики, пов'язані з дефіцитом або надлишковими запасами. Отримані результати свідчать про те, що інтеграція інтелектуальних методів аналізу даних у процес управління запасами може значно підвищити якість прийняття рішень та сприяти більш раціональному використанню обігових коштів. Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні можливостей алгоритму для застосування в інших галузях з урахуванням специфіки ринкових умов.

Ключові слова: управління асортиментом; товарні запаси; ABC-XYZ аналіз; інтелектуальний аналіз даних; прогнозування.

Kovtun V. V., Vorona M. V., Mykheliev I. L., Berkunskiy Ye. Yu., Pavlenko A. Yu. Algorithm for assortment management and inventory level forecasting

In the current conditions of market instability and high demand volatility, commercial organizations face significant challenges in managing their assortment and inventory. Traditional inventory management approaches often do not provide the necessary flexibility and adaptability to changes, which can result in inefficient resource utilization and the loss of competitive advantage.

The aim of this work is to propose an effective algorithm for evaluating, analyzing, and managing the assortment, and for improving inventory management efficiency by combining mathematical-statistical analysis, data mining methods, and linear forecasting. The study is based on a commercial organization with an extensive network of wholesale and retail stores.

The proposed approach consists of several stages, including the classification of products based on their importance to the business (ABC analysis) and the stability of demand (XYZ analysis). Based on the results, an assortment matrix is created, grouping products using the decision tree method. The final stage outlines a procurement forecasting model that takes into account demand dynamics, seasonality, and other external factors. This multi-level approach not only reduces storage costs but also ensures uninterrupted customer demand fulfillment.

The article emphasizes that using individual methods of assortment and inventory management separately, without specialized algorithms, may not deliver the expected results. This work is dedicated to solving specific challenges related to improving assortment and inventory management by integrating analytical methods into effective algorithms.

The practical application of the algorithm demonstrated its effectiveness in real-world conditions, allowing the organization to respond flexibly to market changes and mitigate risks associated with stock shortages or surpluses. The results indicate that the integration of data mining techniques into inventory management processes can significantly enhance decision-making quality and promote more rational use of working capital. The prospects for further research include expanding the algorithm's capabilities for application in other industries, taking into account specific market conditions.

Key words: assortment management; inventory; ABC-XYZ analysis; data mining; forecasting.

Постановка проблеми. Змінність споживчого попиту, цілеспрямовані або вимушені зміни у асортименті, сезонні коливання та непередбачувані ринкові тенденції ускладнюють точне прогнозування та управління як асортиментом, так і запасами. На тлі сучасних політичних змін, економічної кризи, природних катастроф та інших непередбачуваних подій можуть порушуватися логістичні ланцюги та з'являтися нові негативні фактори впливу на управління запасами, що обумовлює перебої у постачаннях, збільшення витрат на реагування та відновлення.

Об'єкт дослідження – комерційна організація, яка має мережу гуртово-роздрібних магазинів і для якої гострою проблемою є питання ефективного управління динамічно змінюваними асортиментом та використання обігових коштів для забезпечення оптимального обсягу товарних запасів.

Організація намагається знайти показники та інструменти для побудови збалансованого, затребуваного ринком та прибуткового для себе асортименту товарів в умовах впливу вищезгаданих факторів. Враховуючи високу динамічність змін у асортименті шукане організацією рішення має давати можливість генерувати чітку оцінку асортимента на будь-який момент його дослідження. Намагання

вирішити цю задачу наявними лінійними алгоритмами та інструментами аналізу та планування не надало очікуваний результат. Навіть погіршило стан асортименту, бо крім неструктурованих даних він містить також залишки неуспішної класифікації, які ще більше плутають користувачів та погіршують якість керування та оцінювання.

Однією з цілей задля яких організація здійснює пошук інструментів підвищення якості оцінювання та управління асортиментом є мінімізація витрат матеріальних запасів. Організація шукає шляхи підвищення ефективності використання грошових ресурсів на забезпечення асортименту: з одного боку – забезпечити наявність товарів для задоволення попиту, з іншого – знизити рівень вкладень у товарні запаси.

Основний алгоритм формування замовлень організації: скільки продали – стільки ж потрібно і закупити але так, щоб вистачило наявного для закупівель бюджету. Тобто, при аналізі рівня закупівель використовуються лише базові об'єктивні критерії: кількість продажів за минулий період та вартість партії.

Основні складності, пов'язані з існуючим процесом формування замовлень:

1. Товар, який міг би продаватись у більшій кількості на має можливості продемонструвати це, тому що іноді відсутній на складі. Але закуповується на рівні минулого періоду. Для організації відсутність товару у наявності означає недоотриманий дохід та прибуток.

2. При закупівлі основним критерієм слугує кількість та вартість товару. При цьому не враховується його прибутковість. Це призводить до того, що бюджет закупівлі витрачається на товари, які не приносять організації максимальний прибуток. Тобто бюджет закупівель витрачається неефективно з точки зору прибутку.

3. При прогнозі закупівель аналізується рівень продажів у розрізі постачальників. І це є виправданим для забезпечення транспортної логістики. Однак закуповуються аналогічні товари у різних постачальників, що викликає надлишок такого типу товарів. Надлишки товару сковують обігові кошти організації.

4. Не враховується змінність попиту на товар. Тобто товари, значення попиту яких суттєво коливається у різних періодах або у надлишках, або їх на вистачає. Частіш за все бюджет на закупівлю таких товарів стає недостатнім і виникає проблема з п.1

5. Сума бюджету закупівель визначається після аналізу та формуванню замовлень по всім запланованим до закупівлі товарам. Однак, при суттєвих розбіжностях розрахованого бюджету фактично наявному виникає необхідність коригувати замовлення. Це вимагає витрати часу та сил персоналу організації для повторного проведення аналізу. Тобто знижує ефективність персоналу організації.

Також, попит продукції знаходиться під суттєвим впливом багатьох різних чинників, зокрема сезонності, специфіки каналів збуту, маркетингової активності клієнтів та конкурентів та інших невизначених чинників. Ці чинники дуже ускладнюють організації вирішення зазначених проблем наявними лінійними алгоритмами та інструментами аналізу та планування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методика ABC та XYZ-аналізу широко висвітлюється насамперед у дослідженнях зарубіжних учених, зокрема, в наукових працях Дж. Р. Стока, Д. М. Ламберта, А. Раштона, П. Кроучера [1-2]. Останні роки ця методика в контексті логістичного управління підприємством знайшла своє відображення й у працях вітчизняних науковців [3-5]. Також в статтях розглядається певний розв'язок задач за допомогою цього аналізу [6-7].

Дослідники активно вивчають різні аспекти прийняття рішень у логістиці та їх вплив на виробничі підприємства, особливо в умовах невизначеності та ризиків.

У роботі [8] запропоновано класифікації, що дають змогу визначити основні елементи логістичних витрат. Крім того, описано інструменти, які можуть полегшити управління витратами. Автори статті [9] розглядають процеси логістичного управління виробничо-господарською організацією. Запропоновано підхід до проєктування логістичної системи, що передбачає формування організаційної структури підприємства за процесно-матричним принципом та створення ефективної логістичної служби підприємства, яка виконує роль координатора та інтегратора його бізнес-систем.

Праця [10] присвячена розробленню науковометодичного підходу до управління стійкістю каналів зв'язку в умовах розвитку промислового підприємства.

Тут визначено особливості різних типів внутрішніх і зовнішніх каналів зв'язку та розроблено методики оцінювання їх стійкості.

У статті [11] емпірично досліджується вплив практик SSCM на динамічні можливості ланцюга постачань і продуктивність підприємства.

Автори дослідження [12] проаналізували важливість протиепідемічного ланцюга постачання під час пандемії та вплив технологічних інновацій на цей процес.

У публікації [13] запропоновано систему управління організаційними ризиками. Наведено основи управління ризиками ланцюга постачань і стратегії пом'якшення. Стаття [14] розглядає вплив війни на логістичні ланцюги постачання та пропонує стратегії вдосконалення управління в умовах невизначеності та ризиків.

Методи оцінювання та управління ризиками комунікацій в транспортних проєктах запропоновано в роботі [15]. Систематизовано ризики у вигляді відносин між учасниками проєкту, формалізовано подано комунікації зацікавлених сторін з огляду на причини та можливе парировання ризиків, розроблено модель кількісного оцінювання вартості ризиків проєкту.

Автори статті [16] досліджують процеси прийняття рішень з удосконалення елементів логістичного ланцюга (процесів постачання та збуту) виробничого підприємства в умовах невизначеності та ризиків.

На основі проведеного огляду можна зробити висновок, що дослідження логістичних ризиків з точки зору управління асортиментом та прогнозування рівня закупівель запасів є надзвичайно важливим і актуальним, особливо в умовах нестабільності, спричиненої глобальними факторами, такими як воєнні конфлікти та епідемії. Однак існуючі підходи мають певні обмеження, оскільки вони надмірно зосереджені на економічних показниках, не надають достатньої деталізації і бракує практичних рекомендацій для їх ефективного впровадження.

Це стосується не лише використання даної методики, але й її інтеграції у формування ланцюгів постачання для підвищення ефективності їх функціонування.

Метою даного дослідження є розробка алгоритму, який забезпечує ефективне управління асортиментом і запасами в умовах високої динамічності попиту та ринкових змін. Основна увага приділяється застосуванню ABC-XYZ аналізу та методів інтелектуального аналізу даних для класифікації продуктового портфелю та прогнозування оптимальних обсягів закупівель товарів. Це дозволить підприємству не лише оптимізувати товарні запаси, а й мінімізувати витрати на їх зберігання, забезпечуючи водночас високий рівень задоволення попиту.

Запропонований підхід поєднує математико-статистичні методи, системний аналіз і технології Data Mining для інтеграції неструктурованих даних в єдину модель управління асортиментом. Дослідження також спрямоване на розв'язання

завдань з підвищення рентабельності бізнесу шляхом раціонального використання фінансових ресурсів та забезпечення безперебійного постачання продукції.

Викладення основного матеріалу. Розглянемо торгівельну організацію, яка володіє розгалуженою мережею роздрібних магазинів та імпортує більшу частину свого продуктового портфелю. Організація має дві пов'язані між собою задачі:

1. Запровадження класифікації асортименту, яка дозволяє оцінити важливість кожної товарної позиції, а також місце кожної порівняно з іншими товарами або групами та створення структури асортименту.

2. Визначення терміну забезпеченості товарного запасу кожної позиції та на її підставі розрахувати рекомендовані обсяги закупівель.

Для вирішення цих задач використовується алгоритм з трьох операцій, отже, викладка матеріалу також буде надана по етапам виконання цих операцій.

Перший етап. Визначення рейтингу кожного товару в асортименті

На першому етапі за допомогою ABC-XYZ аналізу визначаємо внесок кожного товару в прибуток організації та розподіляємо товари за категоріями для ефективного керування продуктивним портфелем. Детально розглядати ABC-XYZ аналіз в даній роботі не передбачається, адже є багато джерел та матеріалів на цю тему, але нагадаємо декілька важливих моментів.

ABC-аналіз показує вклад товару у результат продажів/прибутків організації, а XYZ аналіз є рейтинг стабільності його попиту. Чим стабільніший попит на товар, тим легше ним керувати, тим більш передбачувана потреба в товарних запасах, тим легше планувати поставки продукту.

Категорія X – товари, що характеризуються стабільністю продажів і, як наслідок, високими можливостями прогнозу продажів. Відхилення від середніх продажів незначне (в той чи інший бік). Відхилення від середнього значення називається коефіцієнтом варіації.

Формула розрахунку середнього квадратичного (стандартного) відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}$$

де:

σ – стандартне відхилення генеральної сукупності;

N – кількість елементів у генеральній сукупності;

x_i – значення кожного окремого елемента;

μ – середнє значення генеральної сукупності, що обчислюється як:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Для товарів з рейтингом X коефіцієнт варіації коливається від 0 до 10%. Коливання попиту незначні, попит стійкий, отже, можна з цих товарів робити оптимальні запаси та використовувати математичні методи прогнозу попиту та оптимального запасу.

Категорія Y – товари, які мають коливання у попиті і, як наслідок, середню точність прогнозування продажів.

Для товарів Y коефіцієнт варіації (середньої величини продажу) становить від 10% до 25%.

Категорія Z – товари з нерегулярним споживанням, будь-які тенденції відсутні, точність прогнозу продажу невисока.

Для товарів Z коефіцієнт варіації перевищує 25% і, навіть, може перевищувати 100%. Це може бути група товарів, що імпортується на замовлення клієнтів або нещодавно надійшла у продаж або товари унікальні, особливі, схильні до сезонного попиту та інше.

Група AX. Товари групи AX – товари з високим товарообігом та стабільними продажами. Товар цієї групи повинен бути в наявності в магазині або на складі, але для цієї групи не потрібно створювати надлишковий запас. Реалізація товарів цієї групи стабільна і добре прогнозується.

Група BX. Характеристики товарів групи BX аналогічні характеристикам групи AX. Але товари цієї групи не такі вигідні для торгової організації, тож запаси можна тримати ще меншими ніж у AX. Продаж товарів цієї групи також стабільний та його можна спрогнозувати.

Група CX. Товари групи CX не є основним джерелом доходів для організації, але мають стабільний збут. Зазвичай, це так звані “якірні товари”, які повинні бути у асортименту, бо приваблюють велику кількість покупців.

Група AY. Високий товарообіг, нестабільний продаж. Такий товар краще мати в невеликому надлишку на складі, щоб не було перебоїв з його наявністю у магазині.

Група BY. Високий товарообіг, нестабільні продажі. Варто тримати на складі товар у невеликому надлишку, щоб забезпечити перманентну наявність товару групи BY в магазині.

Група CY. Товари групи CY відносяться до “хвосту стоку”. Крім низької вигоди, ці товари мають нестабільний попит. Підтримка наявності товарів цієї групи на складі зазвичай здійснюється за зниженим пріоритетом, якщо фінансування стоку не дефіцитне.

Група AZ. Товари цієї групи мають нестабільний попит, але високу вигоду, тому вимагають підтримку суттєвих залишків на складі для уникнення їх відсутності та втрат суттєвої долі прибутку від їх продажу.

Група BZ. Товари BZ також мають нестабільний попит, але не таку високу вигоду як AZ, тож і нижчий пріоритет при плануванні виділення ресурсів.

Група CZ. Це товари найнижчого пріоритету, бо приносять найнижчу вигоду та мають нестабільний попит. Зазвичай, товари цієї групи оптимізують та виводять з асортименту

Варто зазначити, що альтернативою великим залишкам для товарів груп Z можуть служити заходи щодо зменшення часу доставки та підвищення ритмічності поставок.

Аналіз ABC-XYZ всього асортименту слід проводити першого числа кожного місяця – аналізуючи результати збуту за минулий календарний місяць. А також, накопичувати значення рейтингу ABC-XYZ кожного товару на протязі двох років. У потоці торговельних операцій та циклів такий період аналізу забезпечує оперативну індикацію змін рейтингу кожного товару, що дає можливість прийняти оперативні управлінські рішення. Накопичення історії рейтингу ABC-XYZ надає можливість відслідкувати тенденції та є сетом даних для прогнозування.

Другий етап. Побудова динамічної асортиментної матриці “Деревом рішень”

ABC-XYZ аналіз призначає порівняльний рейтинг кожній товарній позиції відносно всього асортименту та всіх груп товарів. Існуюча класифікація продуктового портфеля на відповідні групи та типи не враховує рівень прибутковості, тенденції сезонності та інші фактори залежності товарних позицій.

З огляду на те, що ABC-XYZ не доцільно було застосовувати в розрізі існуючої класифікації товарних груп, то після проведення “загального” ABC-XYZ аналізу (без поділу на існуючі товарні групи) у “хвості” рейтингу можуть опинитись товарні позиції з низькими показниками відносно всього асортименту. Хоча при цьому, вони можуть мати значно кращий рейтинг при порівнянні їх у середні окремої товарної групі та потрібні у товарному портфелі організації для цілісності її ринкової пропозиції.

Проте проведення ABC-XYZ аналізу для кожної товарної групи також не доцільно, бо позбавляє можливості оцінювати та керувати повним асортиментом.

Постає потреба класифікувати асортимент та розділити його на групи, типи для того, щоб керувати асортиментом в розрізі окремих його частин. Тобто створити певну структуру асортиментної матриці. Організація неодноразово намагалась побудувати асортименту матрицю користуючись звичайною логікою. Однак, недосконалість такого методу та фактор динамічного оновлення та зміни асортимента заважають це зробити з достатньою точністю, та враховувати всі зміни та тенденції.

Задача класифікації – це задача розбиття множини об'єктів або спостережень на апріорно задані групи, названі класами, всередині кожної з яких вони вважаються схожими один на одного, та мають приблизно однакові властивості й ознаки. При цьому рішення здійснюється на основі аналізу значень атрибутів (ознак) [17].

Аналіз класифікації асортименту, що використовує організація (рисунок 1), демонструє неструктурованість даних у базі даних та перевагу однобічності підходу класифікації, що порушує принцип ієрархії. При цьому, наявність інформації дозволяє сформуванати гіпотезу щодо ймовірного первинного атрибуту асортименту.

Код	Артикул	Номенклатура
4498		.Ручки DND
9747		.DND РАСПРОДАЖА
9750		на розочке R РАСПРОДАЖА
9141		На розочке VIS РАСПРОДАЖА
9401	2190-FAN	Ручка DND DANIELA для роздвижних дверей, колір античне залізо (шт.)
9229	588/12-OGC	Ручка DND LADY, VIS-круг, бронза (шт.)
9741		DND ЗАКАЗ
9742		.DND ковпачки ЗАКАЗ
9955	2314/2-14-OLV	Набір плоских ковпачків DND діаметр 14мм, колір латунь (шт.)
9743		.DND ручки ЗАКАЗ
9745		.Накладки WC/УР ЗАКАЗ
9748		для роздвижних дверей ЗАКАЗ
9380		на планке ЗАКАЗ
9147		DND кнопки ЗАКАЗ
9149		DND інше ЗАКАЗ
9739		DND СКЛАД
9277		.DND ковпачки СКЛАД
9997		.DND ручки СКЛАД
9110		на розочке 55мм СКЛАД
9833		віконні ручки СКЛАД
9054		розетки віконні-механізми СКЛАД
9148		.DND стопера СКЛАД
13		.Ручки MANDELLI
4499		.Ручки VALENTI
4934		VALENTI Зразки
9998		VALENTI Зразки петель
9978		Ручки Yalis
4317		BONAITI
9785		CEMOM
9808		.Сетом петли СКЛАД
9129		Сетом 3D-14 СКЛАД
4450		Сетом Шаблоны
9434		Nekos
12		OLIMPIA
9341		SFS
4496		Інше
Всього		

Рис. 1. Наявний неструктурований асортимент організації

Для проведення класифікації за допомогою математичних методів необхідно мати формальний опис об'єкта, яким можна оперувати, використовуючи математичний апарат класифікації. Таким описом найчастіше виступає база даних. Кожний запис бази даних несе інформацію про деяку властивість об'єкта.

Для побудови структури асортиментної матриці буде використовуватись класифікація на основі метода дерева рішень спираючись на результати ABC-XYZ аналізу.

Дерева рішень належать до самих популярних і потужних інструментів Data Mining, що дозволяють ефективно вирішувати задачі класифікації. В основі роботи дерев рішень є процес рекурсивної розбивки вхідної множини спостережень або об'єктів на підмножини, асоційовані із класами. У ході процесу алгоритм повинен знайти такий критерій розщеплення, іноді також називаний критерієм розбивки, щоб розбити множину на підмножини, які б асоціювалися з даним вузлом перевірки. Кожний вузол перевірки повинен бути позначений певним атрибутом. Існує правило вибору атрибута: він повинен розбивати вхідну множину даних таким чином, щоб об'єкти підмножин, одержуваних у результаті цієї розбивки, були представниками одного класу або ж були максимально наближені до такої розбивки [17].

Існують різні критерії розщеплення. Найбільш відомі – міра ентропії й індекс Gini. Якщо задана множина T , що включає приклади з n класів, індекс Gini, визначається по формулі:

$$gin(T) = 1 - \sum_{j=1}^n p_j^2, \quad p_j = \frac{N_j}{N} \text{ - частка класу } j \text{ у вузлі } T.$$

де T – поточний вузол, p_j – імовірність класу j у вузлі T , n – кількість класів, N – кількість об'єктів у вузлі. Міра ентропії при побудові дерев рішень – це міра різноманітності класів у вузлі. У результаті розбивки повинні утворюватися вузли з меншою різноманітністю станів вихідної змінної. Отже, ентропія падає, а кількість внутрішньої інформації у вузлі росте. Формально ентропія певного вузла T дерева рішень визначається:

$$Info(T) = - \sum_{j=1}^n p_j \cdot \log(p_j).$$

Ентропія всієї розбивки – сума ентропій усіх вузлів, помножена на частку записів кожного вузла в загальному числі записів:

$$Info(S) = \frac{N_1}{N} Info(T_1) + \frac{N_2}{N} Info(T_2) + \dots + \frac{N_n}{N} Info(T_n).$$

Для вибору атрибута розщеплення використовується критерій, що називається приростом інформації або зменшенням ентропії:

$$Gain(S) = Info(T) - Info_s(T).$$

В якості найкращого атрибута для використання в розбивці S обирається той, який забезпечує найбільший приріст інформації $Gain(S)$.

Процес створення дерева відбуватиметься зверху вниз, тобто буде спадним.

Використаємо наведений вище алгоритм дерева рішень для побудови структури асортиментної матриці в наведеному прикладі.

Як первинний критерій розщеплення використаємо групи та кількість товарних позицій згідно певних груп, які отримали шляхом ABC-XYZ аналізу, а саме:

- Висока популярність: AX, AY, AZ
- Середня популярність: BX, BY, BZ
- Низька популярність: CA, CY, CZ

Перевіримо гіпотезу, яка передбачає, що для першого розщеплення в дереві рішення є такий атрибут як "Вид виробу" (ручки, замки, циліндри, петлі).

Вихідні дані:

Таблиця 1

Загальний результат ABC-XYZ аналізу

Висока популярність	AX (30 позицій)	AY (781 позицій)	AZ (880 позицій)
Середня популярність	BX (342 позицій)	BY (473 позицій)	BZ (932 позицій)
Низька популярність	BX (342 позицій)	BY (473 позицій)	BZ (932 позицій)

Таблиця 2

Результат ABC-XYZ аналізу по групах товару

	Ручки	Замки	Циліндри	Петлі
AX	30 позицій	0 позицій	0 позицій	0 позицій
AY	340 позицій	431 позицій	5 позицій	5 позицій
AZ	450 позицій	347 позицій	75 позицій	8 позицій
BX	135 позицій	207 позицій	0 позицій	0 позицій
BY	212 позицій	172 позицій	87 позицій	2 позицій
BZ	492 позицій	310 позицій	111 позицій	19 позицій
CA	13 позицій	0 позицій	13 позицій	0 позицій
CY	401 позицій	291 позицій	0 позицій	0 позицій
CZ	332 позицій	287 позицій	136 позицій	17 позицій

1. Початкова ентропія $\text{Info}(T)$ для всього набору даних.

Загальні суми по категоріях:

- Висока популярність: AX (30), AY (781), AZ (880) = 1691 позицій
- Середня популярність: BX (342), BY (473), BZ (932) = 1747 позицій
- Низька популярність: CA (26), CY (692), CZ (772) = 1490 позицій
- Розрахунок ентропії для всього набору даних:

$$\text{Info}(T) = - \left(\frac{1691}{4928} \cdot \log_2 \frac{1691}{4928} \right) - \left(\frac{1747}{4928} \cdot \log_2 \frac{1747}{4928} \right) - \left(\frac{1490}{4928} \cdot \log_2 \frac{1490}{4928} \right)$$

$$\text{Info}(T) = - (0.343 \cdot \log_2 0.343) - (0.354 \cdot \log_2 0.354) - (0.302 \cdot \log_2 0.302)$$

$$\text{Info}(T) = - (0.343 \cdot -1.542) - (0.354 \cdot -1.498) - (0.302 \cdot -1.738)$$

$$\text{Info}(T) = 0.529 + 0.530 + 0.525 = 1.584$$

2. Розрахунок ентропії для атрибута "Вид виробу". Розподіл популярності для кожного виду виробу:

Ручки:

- Висока популярність: 30 + 340 + 450 = 820 позицій
- Середня популярність: 135 + 212 + 492 = 839 позицій
- Низька популярність: 13 + 401 + 332 = 746 позицій

$$\text{Info(Ручки)} = - \left(\frac{820}{2405} \cdot \log_2 \frac{820}{2405} \right) - \left(\frac{839}{2405} \cdot \log_2 \frac{839}{2405} \right) - \left(\frac{746}{2405} \cdot \log_2 \frac{746}{2405} \right)$$

$$\text{Info(Ручки)} = - (0.341 \cdot \log_2 0.341) - (0.349 \cdot \log_2 0.349) - (0.310 \cdot \log_2 0.310)$$

$$\text{Info(Ручки)} = - (0.341 \cdot -1.554) - (0.349 \cdot -1.518) - (0.310 \cdot -1.688)$$

$$\text{Info(Ручки)} = 0.530 + 0.530 + 0.523 = 1.583$$

Замки:

- Висока популярність: $431 + 347 + 310 = 1088$ позицій
- Середня популярність: $207 + 172 + 287 = 666$ позицій
- Низька популярність: 291 позицій

$$\text{Info(Замки)} = - \left(\frac{1088}{2045} \cdot \log_2 \frac{1088}{2045} \right) - \left(\frac{666}{2045} \cdot \log_2 \frac{666}{2045} \right) - \left(\frac{291}{2045} \cdot \log_2 \frac{291}{2045} \right)$$

$$\text{Info(Замки)} = - (0.532 \cdot \log_2 0.532) - (0.326 \cdot \log_2 0.326) - (0.142 \cdot \log_2 0.142)$$

$$\text{Info(Замки)} = - (0.532 \cdot -0.912) - (0.326 \cdot -1.617) - (0.142 \cdot -2.815)$$

$$\text{Info(Замки)} = 0.485 + 0.527 + 0.399 = 1.411$$

Циліндри:

- Висока популярність: 75 позицій
- Середня популярність: $87 + 111 + 136 = 334$ позицій

$$\text{Info(Циліндри)} = - \left(\frac{75}{422} \cdot \log_2 \frac{75}{422} \right) - \left(\frac{334}{422} \cdot \log_2 \frac{334}{422} \right) - \left(\frac{13}{422} \cdot \log_2 \frac{13}{422} \right)$$

$$\text{Info(Циліндри)} = - (0.178 \cdot \log_2 0.178) - (0.791 \cdot \log_2 0.791) - (0.031 \cdot \log_2 0.031)$$

$$\text{Info(Циліндри)} = - (0.178 \cdot -2.489) - (0.791 \cdot -0.328) - (0.031 \cdot -5.058)$$

$$\text{Info(Циліндри)} = 0.443 + 0.260 + 0.157 = 0.860$$

Петлі:

- Середня популярність: 17 позицій
- Низька популярність: $5 + 8 + 2 + 19 = 34$ позицій

$$\text{Info(Петлі)} = - \left(\frac{17}{51} \cdot \log_2 \frac{17}{51} \right) - \left(\frac{34}{51} \cdot \log_2 \frac{34}{51} \right)$$

$$\text{Info(Петлі)} = - (0.333 \cdot \log_2 0.333) - (0.667 \cdot \log_2 0.667)$$

$$\text{Info(Петлі)} = - (0.333 \cdot -1.585) - (0.667 \cdot -0.585)$$

$$\text{Info(Петлі)} = 0.528 + 0.390 = 0.918$$

3. Розрахунок приросту інформації. Gain(S) для атрибута "Вид виробу".

Обчислимо загальну ентропію для атрибута "Вид виробу" як зважену суму ентропій для кожного типу виробу з урахуванням кількості позицій у кожному типі:

$$\begin{aligned} \text{Info(Вид виробу)} &= \frac{2405}{4928} \cdot \text{Info(Ручки)} + \frac{2045}{4928} \cdot \text{Info(Замки)} + \frac{422}{4928} \cdot \text{Info(Циліндри)} + \frac{51}{4928} \cdot \text{Info(Петлі)} \\ \text{Info(Вид виробу)} &= \frac{2405}{4928} \cdot 1.583 + \frac{2045}{4928} \cdot 1.411 + \frac{422}{4928} \cdot 0.860 + \frac{51}{4928} \cdot 0.918 \\ \text{Info(Вид виробу)} &= 0.487 + 0.586 + 0.073 + 0.009 = 1.155 \end{aligned}$$

Тепер розрахуємо приріст інформації Gain(S) для атрибута "Вид виробу":

$$\text{Gain(Вид виробу)} = \text{Info}(T) - \text{Info(Вид виробу)}$$

$$\text{Gain(Вид виробу)} = 1.584 - 1.155 = 0.429$$

Приріст інформації для атрибута "Вид виробу" становить Gain (Вид виробу)=0.429. Це означає, що атрибут "Вид виробу" забезпечує значний приріст інформації і може бути використаний для першого розщеплення в дереві рішень. Гіпотеза підтверджена.

Аналогічно розщеплюємо далі атрибути такі як: призначення дверей (внутрішні, зовнішні), вид монтажу виробу (накладний, врезний), механізм (ручки – поворотні, натискні; замки – циліндрові, ригельні, кодові, сувальдні, електромагнітні, циліндрові, розетки, натискні, ноби).

В результаті отримаємо наступну класифікацію (Таблиця 3).

Таблиця 3

Класифікація асортименту (асортиментна матриця)

Вид виробу	Призначення дверей	Вид монтажу	Механізм	
Ручки	зовнішні	врезний	поворотні натискні	
	внутрішні	врезний	поворотні натискні	
Замки		внутрішні	накладний	поворотні натискні стаціонарні
	циліндрові			
	зовнішні	врезний	ригельні кодові сувальдні електромагнітні циліндрові	
	внутрішні		розетки натискні ноби	
Циліндри	внутрішні	накладний	ключ-ручка	
	зовнішні	врезний	ключ-ключ ключ-ручка півциліндр	
Петли	зовнішні	накладний	накладний	
			роз'ємна петля	врезні кутові вкрутні приховані
		внутрішні	універсальна петля	двухсторонні
				накладний
			двухсторонні	двухсторонні
				двухсторонні

Таким чином, маючи на вході неструктуровані дані за допомогою дерева рішень та на підставі ABC-XYZ аналізу побудована структура асортиментної

матриці. Асортиментна матриця – інструмент управління асортиментом, що спираючись на перевірені методи аналізу перетворює неструктуровані дані у дата продукт з надійними та зручними для прийняття управлінських рішень даними.

Наданий розрахунок потрібно проводити двічі на рік, а також та при суттєвих змінах асортименту. Важливою рисою такої комбінації методів аналізу є можливість швидко розраховувати асортиментну матрицю на підставі реальних результатів збуту навіть в умовах високої динамічної зміни асортименту.

Третій етап. Розрахунок рекомендованих обсягів закупівель.

Важливим завданням для організації є ефективне використання грошових ресурсів на забезпечення складських запасів. Найявний метод планування закупівель спрямований на поповнення запасів за принципом “скільки продано, стільки і закуповується”. Однак зазначені вище фактори волатильності провокують ситуації перенасичення на складських запасах одних позицій, та нестачу інших.

Для управління ефективністю використання ресурсів приймається показник “Забезпеченість”. Забезпеченість – період, на який вистачить товару (на складі та на шляху до нього) з моменту його поставки на склад для забезпечення попиту. Мета визначення забезпеченості кожного товару – отримати чіткий розрахунковий показник для прийняття рішень щодо необхідності закупівлі асортиментної позиції. Саме на підставі забезпеченості в подальшому розраховується кількість товару для закупівлі.

Базова формула забезпеченості:

Забезпеченість (період) = (Залишки продукції на день замовлення + Всього в дорозі) / Середній продаж в період

Однак, на процеси постачання організації впливають додаткові фактори, які необхідно враховувати у процесі розрахунку закупівель: термін поставки від постачальника, коефіцієнт сезонності, час від останньої закупівлі та інші. Тож уточнена формула розрахунку забезпеченості товарів організації має такий вигляд:

*Забезпеченість (дні) = (Вільні залишки продукції на день замовлення, шт + Всього в дорозі за період поставки від постачальника, шт) / (Середній продаж, шт * Коефіцієнт сезонності), де*

- Вільні залишки продукції на день замовлення – кількість товару на складі, що не зарезервовані для потреб окремих клієнтів чи спеціалізованих складських програм, шт;
- Всього в дорозі за період поставки від постачальника – кількість товару що відвантажена та запланована до відвантаження в бік організації, шт;
- Період поставки від постачальника – час, через який очікується поставка товару на склад організації, дні;
- Середній продаж = кількість проданих товарів за місяць / кількість днів у місяці, шт/день;
- Коефіцієнт сезонності – коефіцієнт, що прогнозується, зазвичай, з урахуванням сезонних та інших тенденцій збуту у окремій товарній групі.

Для кожної групи товарів чи окремої асортиментної позиції встановлюється показник Оптимальної забезпеченості, бажаної.

Практичне застосування наведеного алгоритму аналізу забезпечується обліковою системою організації та відображається у розрахунку рекомендованої кількості товару для закупівлі – для досягнення встановленого Оптимального рівня забезпеченості. Аналітичні розрахунки здійснюються обчислювальними потужностями облікової системи. Остаточне рішення по кількості товарів у замовлені постачальнику здійснює відповідальна людина та вносить його у форму

“Помічник розрахунку замовлення” (Таблиця 4, Таблиця 5, Таблиця 6). Для зручності відображення у статті єдина форма розділена на три таблиці.

Для кожного товару форма (Таблиця 4) вказує його Групу, Призначення, та інші класифікатори асортиментної матриці, показники продажу та ABC-XYZ рейтинг. Це надає можливість оператору аналізувати ланку кожної товарної позиції у асортиментній матриці. Таким чином нейтралізується одразу кілька проблем процесу закупівель організації:

- Планування закупівель ведеться в розрізі саме асортименту, а не постачальників. Результат аналізу неструктурованих на початку даних дозволяє спрямувати бюджет на забезпечення конкретних ланок розрахованої асортиментної матриці, та не сковувати обігові кошти у аналогічних товарах. Тобто вирішує проблему 3.

- Рейтинг кожної позиції чітко вказує на її рівень прибутковості, що дає можливість спрямувати бюджет з максимальною ефективністю з точки зору прибутковості. Тож, вирішити проблему 2 допомагає результат ABC-аналізу.

- Результат XYZ-аналізу демонструє стабільність попиту на конкретну товарну позицію, що дає організації інформацію для прийняття рішень щодо рівня запасів. Це суттєво підвищує якість забезпечення товарів з нестабільним попитом, тобто вирішує проблему 4, та допомагає у розв'язанні першої.

Таблиця 4

Форма “Помічник розрахунку замовлення: асортимент”

Група	Призначення	Вид монтажу	Механізм	Модель, серія	Номенклатура	Рейтинг	Продаж за місяць, шт	Середній продаж, шт/день
Ручки	Внутрішні	Врізний	Повортні	Mediana Evolution	Mediana Evolution P218/85/50, білий	BY	30	1,00
Ручки	Внутрішні	Врізний	Натисні	Mediana Evolution	Mediana Evolution P218/85/50, бронза	CX	40	1,33
Ручки	Внутрішні	Накладний	Повортні	Mediana Evolution	Mediana Evolution P218/85/50, зел.бронза	AY	80	2,67
Ручки	Внутрішні	Накладний	Натисні	Mediana Evolution	Mediana Evolution P218/85/50, латунь	BX	120	4,00

Також, форма (Таблиця 5) відображає кількість товарів в дорозі та заплановані дати їх прибуття, надаючи змогу сформувати графік поставок на склад та приймати більш зважене рішення щодо кількості товарів у замовленні.

Таблиця 5

Форма “Помічник розрахунку замовлення: графік поставок”

Типовий термін постачання, днів	Замовлений товар з прибуттям через 14 днів	Замовлений товар з прибуттям через 28 днів	Замовлений товар з прибуттям через 42 днів	Всього в дорозі	Вільні залишки на момент звіту
60	30	20	20	70	150
60	10	20	20	50	123
60	20	20	22	62	34
60	20	37	0	57	22

Ключовим блоком форми є частина з розрахунком прогнозу замовлення (Таблиця 6).

Використовуючи зазначену вище формулу забезпеченості форма розраховує прогнозне значення замовлення: Прогнозоване замовлення = (Середній продаж × Коефіцієнт сезонності × Період поставки) – (Вільні залишки продукції + Всього в дорозі)

Тобто Прогнозоване замовлення – це кількість товару, необхідна для того, щоб на момент його прибуття він мав бажаний рівень забезпечення при існуючому середньому продажі.

Розрахунок значення форма відображає у стовпці “Прогноз заказу, шт”. Якщо формула розрахунку визначить, що на момент прибуття (період від моменту замовлення + типовий термін постачання) рівень забезпечення буде вище за оптимальний, то форма пропонує на здійснювати закупівлю, тобто Прогноз заказу дорівнює нулю.

Також, форма розраховує заплановану дату поставки для спрощення планування графіку поставок. На графік поставок та якість забезпечення впливає ритмічність замовлень, про що індикує форма допомагаючи планувати роботу з закупівель

Автоматичний розрахунок вартості замовлення спрощує співставлення наявного бюджету потрібному, що значно підвищує ефективність роботи персоналу чим вирішує проблему 5.

Аналізуючи місце товару у асортименті, значення рейтингу, темпів продажу, графіку постачать, наявності бюджету і т.п. людина приймає остаточне рішення щодо кількості закупівель. Своє рішення вона вносить у поле “Заказ”. Форма відображає як вартість як прогнозного замовлення, так і вартість результату роботи людини.

Таким чином, людина у одній скороченій формі отримує структуру асортименту, ключові показники товарів та прогноз замовлення у кількості та сумі, що вирішує ключові проблеми організації у процесі забезпечення рівня закупівель.

Таблиця 6

Форма “Помічник розрахунку замовлення: графік поставок”

Забезпеченість на момент поставки	Оптимальна на забезпеченість	Прогноз заказу, шт	Ціна, грн	Прогнозна вартість заказу, грн	Днів до замовлення	Заказ, шт	Вартість заказу, грн	Запланована на дату поставки
220	60	0	250	0	5	0	0	0
130	60	0	250	0	5	0	0	0
36	60	64	250	16 000	-7	80	20 000	12.01.25
20	60	160	250	40 063	-7	160	40 000	12.01.25
Підсумок:		224		56 063		240	60 000	

Висновки та перспективи подальших досліджень. У результаті проведеного дослідження було розроблено та застосовано алгоритми структуризації неструктурованих даних асортименту товарів і математико-статистичного прогнозування кількісного рівня матеріальних запасів (“Прогноз заказу” у таблиці 6).

Застосування ABC-XYZ аналізу у поєднанні з методами інтелектуального аналізу даних, зокрема методом дерева рішень дозволяє ефективно класифікувати

асортиментний портфель торговельної організації. Це є обов'язковим та важливим кроком на шляху до прогнозування обсягів закупівель продукції та цільового використання ресурсів.

Практична користь дослідження полягає у створенні алгоритмів і моделей, які допомагають підприємствам значно покращити процеси прогнозування попиту та управління товарними запасами. Використання розроблених методів забезпечує організацію чіткими критеріями оцінки кожної товарної позиції та надає прогноз необхідної кількості, що допомагає їй приймати більш виважені рішення при управлінні витратами на зберігання товарів та забезпечені безперервного доступу до необхідної продукції. Слід зазначити високу універсальність алгоритму і можливість його застосування у великій кількості найрізноманітніших торговельних організацій.

Важливим результатом дослідження є практична реалізація алгоритмів аналізу та впровадження інструментів прогнозування на базі наявної у організації облікової системи. Аналітичний модуль спирається на оперативні та достовірні дані.

Перспективи подальших досліджень включають розширення методів аналізу для інших типів неструктурованих даних, які можуть виникати в логістичних процесах, а також інтеграцію більш складних алгоритмів машинного навчання для підвищення точності прогнозування та адаптації моделей до змінних умов ринку.

Окремим напрямом дослідження є розробка предикативних моделей штучного інтелекту для генерації проактивних рекомендацій щодо активностей з матеріальними запасами, що значно підвищить здатність організації попереджувати виникнення помилок та відхилень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Stock J. R., Lambert D. M. *Strategic Logistics Management*. McGraw-Hill Education, 2019. 896 с.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page Publishers, 2020. 912 с.
3. Чорний І. Г., Чорний М. Г. *Основи логістики*. Київ: КНЕУ, 2019. 256 с.
4. Савіна Г. І. *Логістика в умовах глобалізації*. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2017. 304 с.
5. Ковальчук Ю. В., Ковальчук І. О. *Інформаційні технології в логістиці*. Одеса: Одеський національний університет, 2020. 272 с.
6. Шляховий О., Гончарук О. А. Особливості формування системи логістичного обслуговування операційної діяльності підприємств. *Сучасні тренди, реалії і перспективи розвитку туризму та готельно-ресторанної справи: міжнар. наук.-практ. конф., м.Хмельницький, 23-24 травня 2024 р.* Хмельницький, 2024. С. 85-91.
7. Разумова К. М., Темченко О. А., Шевчук Н. А., Максимова О. С. Обґрунтування логістичних систем управління підприємством на основі авс та хуз-аналізу. *Наукоємні технології*. 2021. Т.3. № 51. С. 281-291. DOI:10.18372/2310-5461.51.15999 – <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/15999/23288>
8. Santos T. F., Gonçalves A. T. P., Leite M. S. A. Logistics cost management: insights on tools and operations. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 2016. Т.23. № 2. С. 171–188. DOI: 10.1504/IJLSM.2016.073967
9. Cherchata A., Popovychenko I., Andrusiv U., Gryn V., Shevchenko N., Shkuropatskyi O. Innovations in Logistics Management as a Direction for Improving the Logistics Activities of Enterprises. *Management Systems in Production Engineering*. 2022. Т.30. № 1. С. 9–17. DOI: 10.2478/mspe-2022-0002

10. Bezchasnyi O., Khobta V., Pushak Ya., Kotkalova-Litvin I., Dorovska I. Modeling of control stability of communication channels in development management conditions. *Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії і практики*. 2018. № 27. С. 282–295. DOI: 10.18371/fcaptp.v4i27.154116.
11. Hong J., Zhang Y., Ding M. Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of cleaner production*. 2018. Т. 172. С. 3508–3519. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.093
12. Malin Song, Sai Yuan, Hongguang Bo. Robust optimization model of anti-epidemic supply chain under technological innovation: learning from COVID-19. *Annals of Operations Research*. 2022. №. 335. С. 1332–1360. DOI: 10.1007/s10479-022-04855-5
13. Olson D. L., Wu D. Enterprise Risk Management in Supply Chains. In: *Enterprise Risk Management Models*. Springer Texts in Business and Economics. Springer, Berlin, Heidelberg. 2023. С. 1–14. DOI: 10.1007/978-3-662-68038-4_1
14. Мартинець В. Б., Кабан О. В., Полянська А. С. Оптимізація ланцюга постачання на підприємстві в умовах кризових явищ. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2022. № 18. С. 112–125. DOI: 10.15330/apred.2.18.112-127
15. Lytvynenko D., Malyeyeva O. Risk management in projects of restoration the regional transport structure on the basis of participants' communication. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2022. № 2. С. 44-51. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.20.044>
16. Ю. Полупан, О. Малєєва Системна модель ризиків та дерева альтернативних рішень з удосконалення логістичного ланцюга виробничого підприємства. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. Т.2. № 28. С. 133-142. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2024.2.133>
17. Ситник В.Ф. Интеллектуальный анализ данных. К.: КНЕУ, 2007. 376 с.

REFERENCES:

1. Stock J. R., Lambert D. M. (2019) *Strategic Logistics Management*. McGraw-Hill Education.
2. Rushton A., Croucher P., Baker P. (2020) *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. Kogan Page Publishers.
3. Chorny I.G., Chorny M. G. (2019) *Osnovy logistiki*. [Basics of Logistics]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian)
4. Savina G.I. (2017) *Logistika v umovah globalizacii*. [Logistics in the conditions of globalization]. Kharkiv: KNU named after V.N. Karazina. (in Ukrainian)
5. Kovalchuk U.V., Kovalchuk I. O. (2020) *Informacijni tehnologii v logistyci*. [Information technologies in logistics]. Odesa: Odessa National University. (in Ukrainian)
6. Shlyahovi O., Goncharuk O. A. Osoblyvosti formuvannya systemy logistychnogo obslygovyvannja operacyjnoi diyalnosti pidpryemstv. [Peculiarities of the formation of a system of logistic service for the operational activities of enterprises]. Proceedings of the *Suchasni trendy, realii i perspektyvy rozvytku turyzmu ta gotelno-restorannoї spravy. (Ukraine, Khmelnytskyi, May 23-24, 2024)* (eds. S. Matyuh, E. Rudnichenko, I. Zhurba, L. Grigorieva, L. Gryzovska, T. Tomalya, O. Davydova, N. Prilepa, A. Rogova, I. Nestorishen), Zbirnyk materialiv Mizhnarodnoi naukovy-praktychnoi konferencii, Khmelnytskyi, pp. 85-91.
7. Razumova K. M., Temchenko O. A., Shevchuk N. A., Maksimova O. S (2021) *Obgruntuvannya loghistrychnykh system upravlinnja pidpryemstvom na osnovi avx ta khyz-analizu*. [Justification of enterprise logistics management systems based on avx and xyz-analysis.] *Naukojemni tekhnologhiji* (electronic journal), vol. 3, no. 51, pp. 281-291. Retrieved from: <https://jrnل.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/15999/23288> (10 October 2024).

8. Santos T. F., Gonçalves A. T. P., Leite M. S. A. (2016) Logistics cost management: insights on tools and operations. *International Journal of Logistics Systems and Management*. vol. 23, no. 2, pp. 171–188. DOI: 10.1504/IJLSM.2016.073967
9. Cherchata A., Popovychenko I., Andrusiv U., Gryn V., Shevchenko N., Shkuropatskyi O. (2022) Innovations in Logistics Management as a Direction for Improving the Logistics Activities of Enterprises. *Management Systems in Production Engineering*. vol. 30. no. 1. pp. 9–17. DOI: 10.2478/mspe-2022-0002
10. Bezchasnyi O., Khobta V., Pushak Ya., Kotkalova-Litvin I., Dorovska I. (2018) Modeling of control stability of communication channels in development management conditions. *Financial and credit activity: problems of theory and practice*. 2018. no 27. pp. 282–295. DOI: 10.18371/fcaptp.v4i27.154116.
11. Hong J., Zhang Y., Ding M. Sustainable supply chain management practices, supply chain dynamic capabilities, and enterprise performance. *Journal of cleaner production*. 2018. vol. 172. pp. 3508–3519. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.093
12. Malin Song, Sai Yuan, Hongguang Bo. Robust optimization model of anti-epidemic supply chain under technological innovation: learning from COVID-19. *Annals of Operations Research*. 2022. no. 335. pp. 1332–1360. DOI: 10.1007/s10479-022-04855-5
13. Olson D. L., Wu D. Enterprise Risk Management in Supply Chains. In: Enterprise Risk Management Models. Springer Texts in Business and Economics. *Springer, Berlin, Heidelberg*. 2023. pp. 1–14. DOI: 10.1007/978-3-662-68038-4_1
14. Martynecj V. B., Kaban O. V., Poljansjka A. S. Optymizacija (2022) lancjughu postachannja na pidpryjemstvi v umovakh kryzovykh javyssh. [Optimization of the supply chain at the enterprise in the conditions of crisis phenomena]. *Aktualjni problemy rozvytku ekonomiky rehionu* (electronic journal), no. 18, pp. 112–125. Retrieved from: <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/aprde/article/view/6083/6333> (10 October 2024)
15. Lytvynenko D., Malyeyeva O. (2022) Upravlinnja ryzykamy v projektakh vidnovlennja transportnoji infrastruktury rehionu na osnovi komunikacij uchasnykiv [Risk Management in projects of restoration the regional transport structure on the basis of participants' communication]. *Suchasnyj stan naukovykh doslidzhenj ta tekhnologhij v promyslovosti* (electronic journal), no. 2. pp. 44-51. <https://journals.uran.ua/itssi/article/view/262050> (5 October 2024)
16. Ju. Polupan, O. Maljejeva (2024) Systemna modelj ryzykiv ta dereva aljternatyvnykh rishenj z udoskonalennja loghistrychnogho lancjughu vyrobnychogho pidpryjemstva. [A system model of risks and a tree of alternative solutions for improving the logistics chain of a production enterprise]. *Suchasnyj stan naukovykh doslidzhenj ta tekhnologhij v promyslovosti* (electronic journal), vol. 2, no. 28, pp. 133-142. DOI: <https://doi.org/10.30837/2522-9818.2024.2.133> (15 October 2024)
17. Sytnyk V.F. (2007) Inteljektualjnij analiz danykh [Intelligent data analysis]. K.: KNEU.