

**Яновський Д.В.**

<https://orcid.org/0000-0003-0558-3914>

Державний університет «Житомирська політехніка»

## АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

*У статті досліджено проблему аналізу ефективності інформаційних систем управління товарними запасами в умовах зростаючої складності ланцюгів постачання, високої мінливості попиту та значних обсягів операційних даних. Неузгодженість між процесами прогнозування, планування поповнення та фактичного споживання товарів призводить до виникнення втрачених продажів або накопичення надлишкових запасів, що негативно впливає на фінансові показники підприємств. У зв'язку з цим актуальним є завдання розроблення програмного забезпечення, здатного забезпечити формалізований, кількісний і прозорий аналіз причин зниження ефективності управління запасами. Для реалізації цієї задачі застосовано підхід до кількісного оцінювання впливу факторів на формування втрачених продажів і надлишкових товарних запасів на основі порівняння фактичних даних з ідеальною моделлю управління запасами. Розроблено модульну архітектуру програмного забезпечення, що включає модулі збору та нормалізації даних, факторного аналізу та аналітичної візуалізації результатів.*

*Запропонована архітектура реалізована у вигляді взаємопов'язаних модулів, що охоплюють процеси збору, зберігання, оброблення та візуалізації даних. Обґрунтовано використання CSV-файлів як універсального формату інтеграції з різнорідними інформаційними системами та Microsoft SQL Server як платформи для зберігання й високопродуктивної аналітичної обробки великих масивів даних. Для представлення результатів аналізу застосовано інструмент бізнес-аналітики QlikView, який дозволяє формувати інтерактивні дашборди, здійснювати багатовимірний аналіз і підтримувати прийняття управлінських рішень.*

*Запропоновані в статті рішення створюють цілісне аналітичне середовище для оцінювання ефективності систем управління запасами та можуть бути використані в практиці торговельно-логістичних підприємств для зниження втрат, оптимізації рівнів запасів і підвищення якості управлінських рішень.*

**Ключові слова:** управління запасами, прогнозування, ефективність, факторний аналіз, архітектура програмного забезпечення, втрачені продажі, надлишкові запаси, бізнес-аналітика.

**Постановка проблеми.** Ефективне управління товарними запасами є одним із ключових чинників конкурентоспроможності підприємств у сучасних ланцюгах постачання. Невідповідність між попитом і рівнем запасів призводить або до втрат продажів унаслідок дефіциту товару, або до надлишкових запасів, що зумовлюють зростання витрат на зберігання та зниження оборотності капіталу. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває завдання оцінювання ефективності інформаційних систем управління запасами та виявлення причин відхилень їх роботи від оптимальних умов.

Існуючі підходи до аналізу ефективності систем управління запасами здебільшого базуються на агрегованих показниках або експертних оцін-

ках та надають непрямий зв'язок між результатом роботи системи управління запасами та факторами, які на нього вплинули. Такі оцінки є суб'єктивними мають обмеження для використання в сучасних інформаційних системах: низький рівень формалізації, відсутність прозорості та перевірки та складність у масштабуванні. Крім того, зростання обсягів даних, що формуються в корпоративних інформаційних системах, потребує використання спеціалізованого програмного забезпечення, здатного забезпечити масштабовану обробку, формалізований аналіз та зручну інтерпретацію результатів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Інформаційні системи управління запасами є ключовим елементом ланцюгів постачання.



У роботах [1, с. 77-89; 2, с. 34-39; 3, с. 45-49; 4, с. 189-193] узагальнено основні підходи до підвищення ефективності таких систем з урахуванням специфіки різних логістичних напрямів, а також визначено внутрішні й зовнішні чинники, що впливають на результативність управління запасами. Аналіз причин низької ефективності управління запасами на малих і середніх підприємствах, представлений у [5, с. 3-6], обґрунтовує роль інформаційних систем і людського потенціалу в процесі управління запасами, та доцільність використання кількісних і якісних методів оцінювання ефективності управління запасами.

Ефективне управління запасами спрямоване на мінімізацію витрат, раціональне використання ресурсів і забезпечення безперервності постачання. Оцінювання результативності систем управління запасами здійснюється із застосуванням різних методів прогнозування, зокрема математичних моделей, оптимізаційних підходів і алгоритмів машинного навчання [6, с. 401-412]. Водночас будь-яка модель прогнозування містить похибку, яка може суттєво ускладнювати планування та призводити до нестабільності у логістичних і закупівельних процесах [7, с. 102662]. Висока точність прогнозів, навпаки, сприяє зростанню оборотності запасів, зниженню витрат у ланцюгах постачання та підвищенню рівня задоволеності споживачів [8, с. 116013-116023].

Мінливість попиту істотно ускладнює прогнозування. У роботах [9, с. 106380; 10, с. 209-223; 11, с. 54-62; 12, с. 106435] показано, що універсального методу прогнозування, придатного для всіх товарних позицій, не існує, у зв'язку з чим актуальними є підходи до автоматизованого вибору моделей прогнозування. Разом із тим, частка впливу похибки прогнозу на виникнення втрачених продажів і надлишкових запасів є відносно обмеженою: вплив похибки прогнозу на появу втрачених продажів складає 15.5%, надлишкових товарних запасів – 2.9% [22, с. 230]. Окрім похибки прогнозу ефективність системи управління запасами залежить від багатьох параметрів, впливу зовнішніх та внутрішніх факторів [14, с. 241-258].

Існуючи методи аналізу факторів розглядають різні класифікації факторів, що впливають на ефективність роботи системи управління запасами – за джерелом виникнення, характером впливу, можливістю контролю, тривалістю впливу та функціональною сферою [15, с. 70-77]. Оцінювання ефективності інформаційних систем управління запасами зазвичай здійснюється

із застосуванням кількісних і якісних методів, зокрема ABC–XYZ аналізу, аналізу витрат на зберігання, втрачених продажів і надлишкових запасів [16, с. 51-62; 17, с. 26-37; 18, с. 10-18; 19, с. 260]. Вплив факторів у таких підходах часто визначається на основі експертних оцінок [20, с. 107597]. Такі оцінки носять суб'єктивний характер і мають суттєві обмеження щодо застосування в сучасних інформаційних системах, зокрема характеризуються недостатнім рівнем формалізації та складністю масштабування.

Оскільки між факторами та показниками ефективності існує причинно-наслідковий зв'язок, для його встановлення необхідне кількісне оцінювання впливу факторів з урахуванням послідовності подій, що змінюють рівень запасів. У роботі [22, с. 224-232] запропоновано метод кількісного визначення такого впливу, однак його практична реалізація потребує розроблення спеціалізованого програмного забезпечення, здатного працювати з великими обсягами даних. Проте метод оперує з великими об'ємами даних, тож для його практичної реалізації необхідна побудова програмного забезпечення.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є розроблення архітектури програмного забезпечення для аналізу ефективності систем управління запасами на основі кількісної оцінки впливу факторів, що зумовлюють появу втрачених продажів і надлишкових товарних запасів. Для досягнення поставленої мети запропоновано структуру програмних модулів та визначено технологічні рішення для збору, оброблення та візуалізації даних.

**Виклад основного матеріалу.** Робота системи вважається ефективною за умови забезпечення оптимального рівня запасів, що мінімізує ризики виникнення нестачі товару та його надлишків. Показником ефективної роботи є наявність залишку, що не перевищує цільовий рівень товарного запасу  $T_i$ , тобто кількість, необхідну для продажів та візуальної представленості товару. Цільовий рівень запасу  $T_i$  розраховується за формулою [22, с. 226]:

$$T_i = \sum_{i=t}^{t+l+c} f_i + q \quad (1)$$

де  $T_i$  – цільовий рівень товарного запасу,  $f_i$  – прогнозний попит,  $l$  – час виконання замовлення,  $c$  – циклічність поповнення товару  $q$  – кількість товару для візуальної представленості на полиці (або викладка товару).

В якості кількісних показників оцінки ефективності роботи пропонується використовувати

вати втрачені продажі  $L_t$  та надлишкові товарні запаси  $O_t$ .

Втрачені продажі – це продажі, які не відбулися через те, що товар був відсутній, тобто залишок  $I_t$  по товару нульовий. Втрачений продаж дорівнює попиту  $d_t$  в період  $t$  мінус наявний рівень запасів за попередній період  $I_{t-1}$  період і кількість замовлення  $Q_t$  за останній період [28, с. 362–367]:

$$L_t = (d_t - I_{t-1} - Q_t)^+ \quad (2)$$

де  $L_t$  – втрачений продаж в періоді  $t$ ,  $d_t$  – попит,  $I_{t-1}$  – залишок в періоді  $t-1$ ,  $Q_t$  – кількість, замовлена, що прибула на початку періоду  $t$ ,  $x^+ = \max(0, x)$

Надлишкові товарні запаси – це запаси, що перевищують цільовий рівень товарного запасу  $T_t$  [22, с. 226]:

$$O_t = (I_t - T_t)^+ \quad (3)$$

де  $O_t$  – надлишок товару,  $I_t$  – залишок в періоді  $t$ ,  $T_t$  – цільовий рівень товарного запасу

На появу втрачених продажів  $L_t$  та надлишкових товарних запасів  $O_t$  впливають фактори  $R_t$ , що можуть бути кількісно виражені як [22, с. 225]:

$$R_t = \begin{bmatrix} id_1 & id_2 & \dots & id_k \\ n_1 & n_2 & \dots & n_k \\ r_1 & r_2 & \dots & r_k \end{bmatrix} \quad (4)$$

де  $k$  – кількість факторів що впливали на ефективність інформаційної системи управління запасами в періоді  $t$ ,  $id$  – ідентифікатор фактору, що характеризує причину його виникнення,  $n$  – порядковий номер виникнення фактору,  $r$  – кількісне значення фактору.

За допомогою методу, описаному в [22, с. 225] по заданому набору факторів  $R_t$  будується матриця  $CR_t$ , яка показує вплив факторів на втрачені продажі  $L_t$  та надлишкові товарні запаси  $O_t$ :

$$CR_t = \begin{bmatrix} id_1 & id_2 & \dots & id_k \\ cr_1 & cr_2 & \dots & cr_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

Для розрахунку і побудови  $CR_t$  необхідно виконувати збирати на обробляти велику кількість даних, тому виникає потреба у розробленні спеціалізованого програмного забезпечення, здатного виконувати аналіз факторів у ланцюгу постачання та оцінювати їх вплив на рівень запасів. Таке про-

грамне забезпечення функціонує в режимі аналітичного шару над операційними базами даних підприємства і виконує наступні функції:

- збір та нормалізацію фактичних даних;
- автоматичну ідентифікацію факторів, які призводять до втрачених продажів або надлишкових запасів;
- кількісну оцінку впливу таких факторів на рівень запасів;
- формування аналітичних звітів для керівництва та операційних менеджерів.

Відповідно до функціонального призначення розроблені наступні компоненти програмного забезпечення (рис. 1):

1. Модуль збору та нормалізації даних Data Exchange. Забезпечує інтеграцію з інформаційними системами компанії та отримання даних про замовлення, продажі, постачання, залишки, прогностичні показники, графіки замовлень тощо. Виконує попередню перевірку, агрегацію та уніфікацію інформації.

2. Модуль аналізу факторів Factor Analyzer. Порівнює фактичні дані з ідеальною моделлю, ідентифікує події, що викликали відхилення, визначає їх кількісний вплив на втрачені продажі та надлишки

3. Модуль аналітичної візуалізації Dashboard & Reporting. Забезпечує побудову графіків і звітів щодо причин низької ефективності управління запасами.

Data Exchange збирає інформацію з різних джерел. Для обміну інформацією був обраний формат CSV файлів. Переваги використання CSV файлів для обміну даними наступні [23, с. 58-79; 24, с. 1-27]:

- Висока сумісність із корпоративними інформаційними системами. CSV-файли підтримуються більшістю ERP, WMS, POS-систем, програм бухгалтерського обліку та інструментів бізнес-аналітики.
- Простота формату та мінімальні вимоги до оброблення. CSV є текстовим табличним форматом без складної структури, що спрощує парсинг даних, оброблення великих масивів інформації та мінімізацію помилок при зчитуванні
- Ефективність роботи з великими наборами



Рис. 1. Компоненти програмного забезпечення для аналізу ефективності систем управління запасами

даних. CSV-файли відзначаються низьким розміром порівняно з XML/JSON, відсутністю зайвих метаданих, можливістю потокового читання без завантаження всього файлу в пам'ять.

- Незалежність від мережевих протоколів та онлайн-доступу. CSV-файли можуть передаватися через FTP, SFTP, хмарні каталоги, внутрішні корпоративні файлові сервери.

Збереження інформації реалізовано на основі реляційної СУБД Microsoft SQL Server, яка забезпечує високу надійність, швидку обробку запитів і підтримку роботи зі складними структурами даних.

Data Exchange складається з наступних модулів DB Settings, File Settings, Steps, Schedules, Notification Settings:

1. DB Settings відповідає за обмін з базою даних. В даному модулі вказуються параметри приєднання до бази даних Microsoft SQL Server.

2. File Settings відповідає за налаштування параметрів CSV-файлів: кодування файлів, роздільник цілої та дробової частини числа, роздільник колонок.

3. Steps відповідає за налаштування структури CSV-файлів, порядок їх обробки та виконання перевірок. В модулі проводиться налаштування таблиць, в які відбувається імпорт даних з CSV-файлів, встановлюється зв'язок між полями CSV-файлів та полями таблиці в базі даних. При імпорті даних спочатку відбувається масове завантаження в проміжні таблиці (staging tables) без бізнес-логіки. Рядки зі staging проходять перевірку та трансформацію, помилки маркуються. Після перевірки запускається перенос даних в основну базу, де для кожної таблиці виконується вставка або оновлення даних. Модуль Steps також виконує валідацію даних та обробку помилок:

- a. Синтаксична валідація (delimiter, quotes, number\_of\_columns).

- b. Типова валідація (відповідність типів даних).

- c. Бізнес-правила (наприклад, продаж  $\geq 0$ , ціна  $\geq 0$ , час виконання замовлення  $\leq 180$  днів).

- d. Цілісність (коди товарів, складів, постачальників мають існувати в довіднику)

4. При виявленні помилок Data Exchange надсилає повідомлення з назвою файлу, кількістю помилок та прикладами на e-mail обраним адресатам. Налаштування повідомлень відбувається в модулі Notification.

5. Data Exchange працює автоматично згідно з погодженим регламентом. За налаштування розкладу роботи відповідає модуль Schedules

Factor Analyzer, що визначає вплив факторів на рівень запасів, обробляє великі об'єми даних. База даних створеної інформаційної системи спроектована з дотриманням принципів логічної цілісності, нормалізації та зручності оброблення даних, що є важливими для реалізації методу визначення впливу факторів на рівень запасів. Структура бази даних забезпечує підтримку всіх необхідних функцій – збереження первинних даних, кількісних значень факторів та результатів обчислень, а також роботи з користувачами (рис. 2). Основу бази даних складають таблиці:

1. Довідники. Довідник товарів (SKU), параметри товарів (SKUDimensions), класифікатор товарів (SKUDimensions), довідник постачальників (Suppliers), довідник складів (Warehouses), параметри товарів в розрізі складів: викладка, кратність замовлення, цільовий рівень запасу, ціни, тощо (Items), графіки та параметрів замовлень (SKUSupplier, OrderCycle, OrderSchedule), промоактивні (Action)

2. Історія змін параметрів довідників. Історія змін параметрів товарів (IDimension), історія змін графіків замовлень та їх параметрів (SKUSupplierHistory, OrderCycleHistory, OrderScheduleHistory)

3. Прогноз. Історія розрахунку прогнозу продажів на кожен день (Forecast), параметри розрахунку прогнозу (ForecastParametersHistory), довідник параметрів прогнозу (ForecastParameters)

4. Факти. Історія залишків (FactStatistics), продажів в розрізі інвойсів (InvoiceStatistics), переміщень між складами (TransferStatistics)

5. Замовлення. Історія замовлень (OrderHistory) та їх виконання або відміни (OpenOrders, ArrivedOrders, CanceledOrders)

6. Результати розрахунків. Втрачені продажі та вплив факторів на втрачені продажі (LostSale, LostSaleReason), надлишкові товарні запаси та фактори, що на них вплинули (OverStock, OverStockReason), довідник факторів (Reason)

7. Налаштування користувачів (Users, UserPermissions, Permissions, UserGroups, Roles)

Для побудови Dashboard & Reporting було обрано QlikView – інструмент бізнес-аналітики (BI) та візуалізації даних, який використовує асоціативний механізм в пам'яті, щоб допомогти користувачам знаходити аналітику в даних, дозволяючи їм вільно досліджувати інформацію. Переваги використання QlikView для модулю Dashboard & Reporting [25, с. 1-12; 26, с. 1-20]:

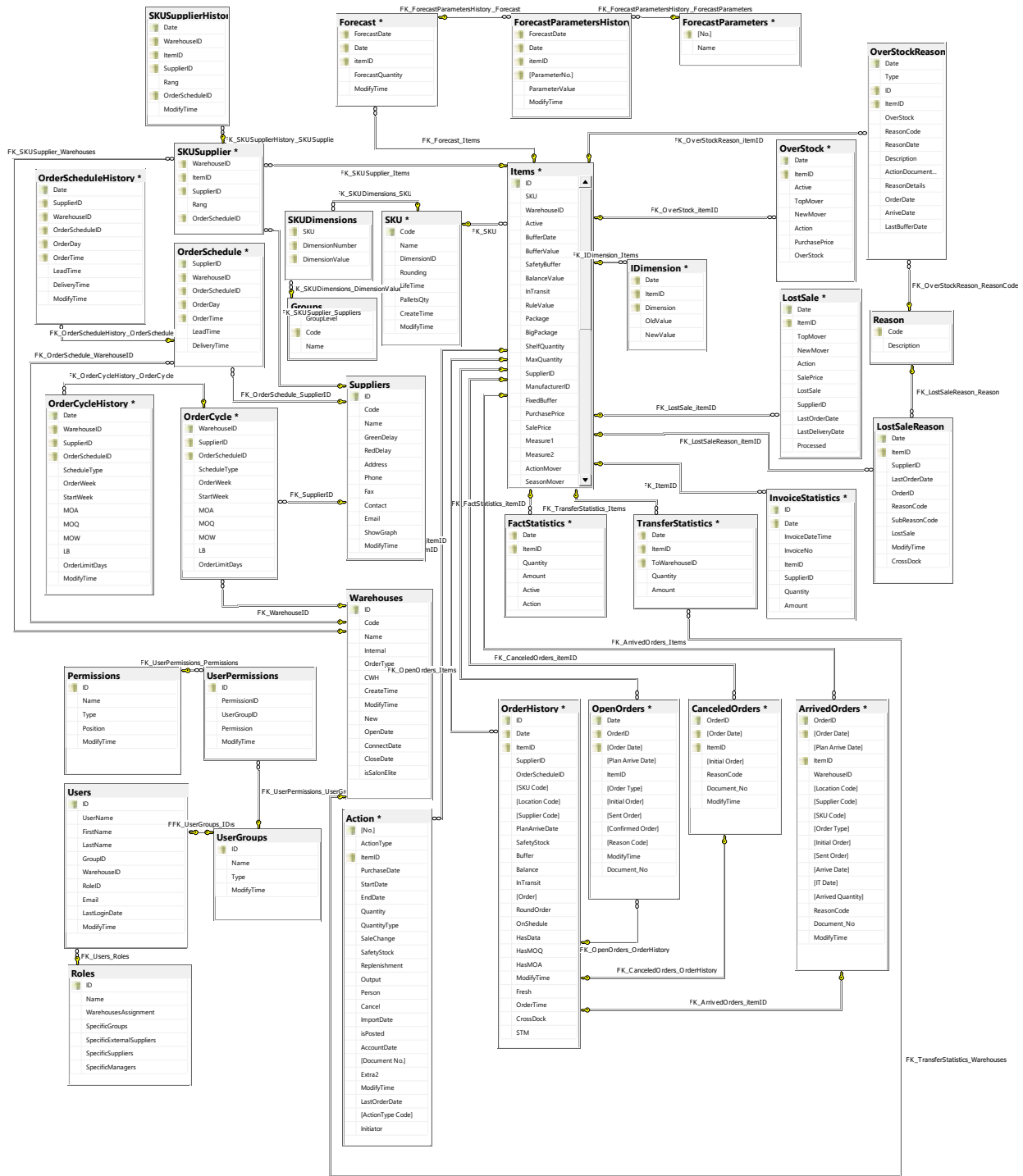


Рис. 2. Діаграма бази даних

1. Асоціативна модель даних, що дає змогу вільно досліджувати дані без жорстко регламентованої структури фільтрів.

2. Висока продуктивність на великих обсягах даних завдяки in-memory processing, що забезпечує швидку агрегацію та фільтрацію великих масивів даних, оптимальну інтеграцію з попередньо агрегованими результатами Factor Analyzer.

3. Інтеграція з Microsoft SQL Server. QlikView підтримує пряме з'єднання з SQL Server через ODBC/OLE DB, виконання SQL-запитів на стороні СУБД, автоматизацію (QlikView Reload Engine) та інкрементальне завантаження (Partial Reload).

4. Масштабування. QlikView Server забезпечує кешування запитів і застосування асоціативних моделей для багатьох користувачів та роботу в кластерному середовищі.

5. Механізми безпеки та розмежування доступу. QlikView підтримує централізовану аутентифікацію та захист від несанкціонованого доступу до первинних показників.

Архітектура модуля Dashboard & Reporting складається з таких компонентів:

1. Data Load Script. Компонент виконує підключення до MS SQL Server, виклик SQL-запитів для отримання агрегованих результатів Factor Analyzer.

2. Data Model Layer. Компонент використовується для побудова асоціативної моделі даних (рис. 3)

3. Набір дашбордів:

- a. Динаміка залишків та продажів
- b. Структура залишків та продажів в розрізі груп
- c. Продажі та втрачені продажі
- d. Втрачені продажі в розрізі груп
- e. Вплив факторів на втрачені продажі (рис. 4.)
- f. Залишки та надлишковий товарний запас
- g. Надлишки в розрізі груп
- h. Вплив факторів на надлишкові товарні запаси (рис. 5)

За допомогою фільтрів модуль Dashboard & Reporting дозволяє аналізувати інформацію в різних розрізах та за різні періоди:

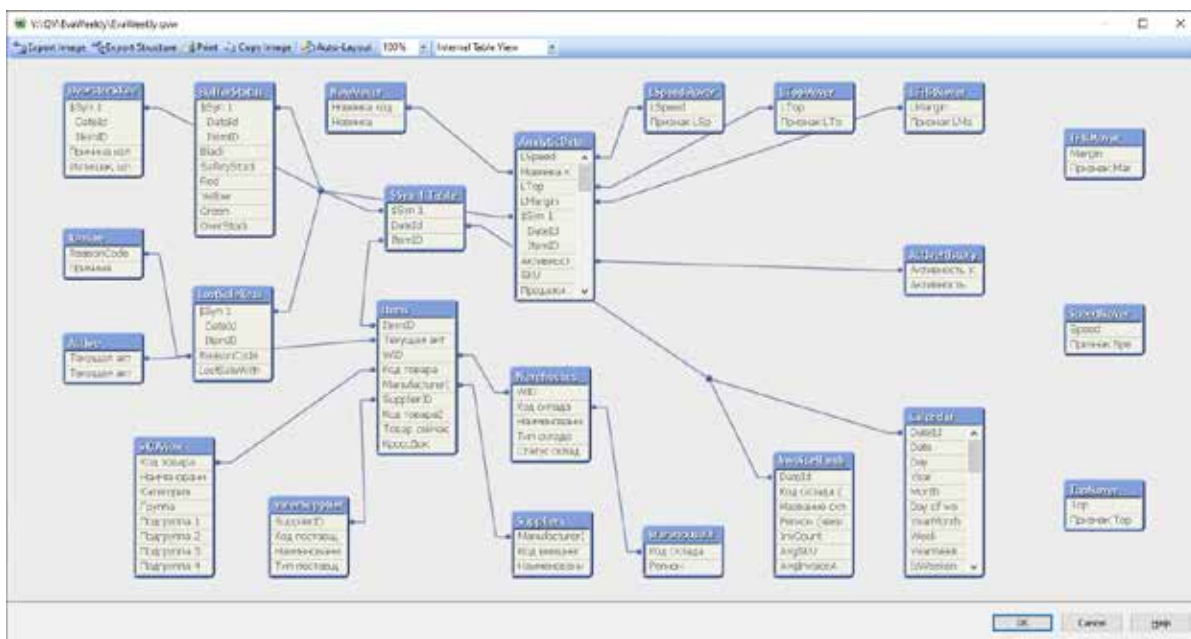


Рис. 3. Асоціативна модель даних QlikView

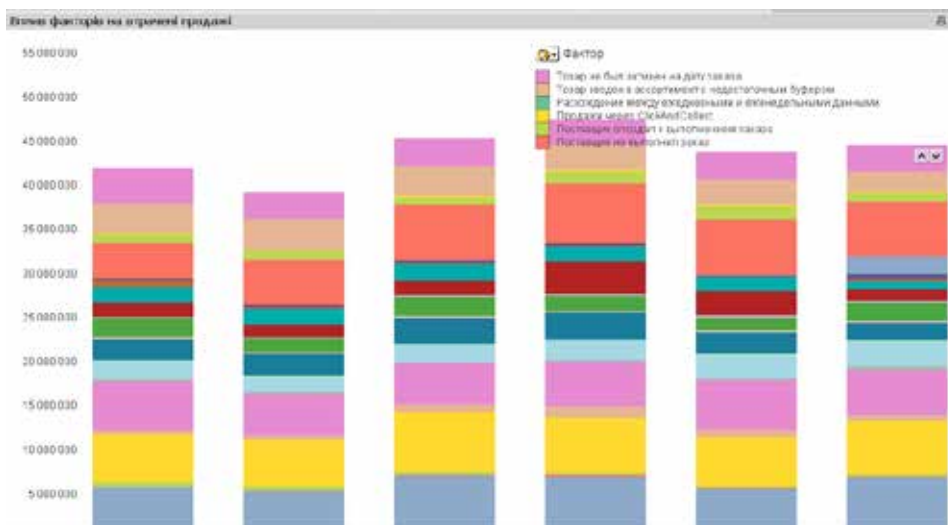


Рис. 4. Вплив факторів на втрачені продажі

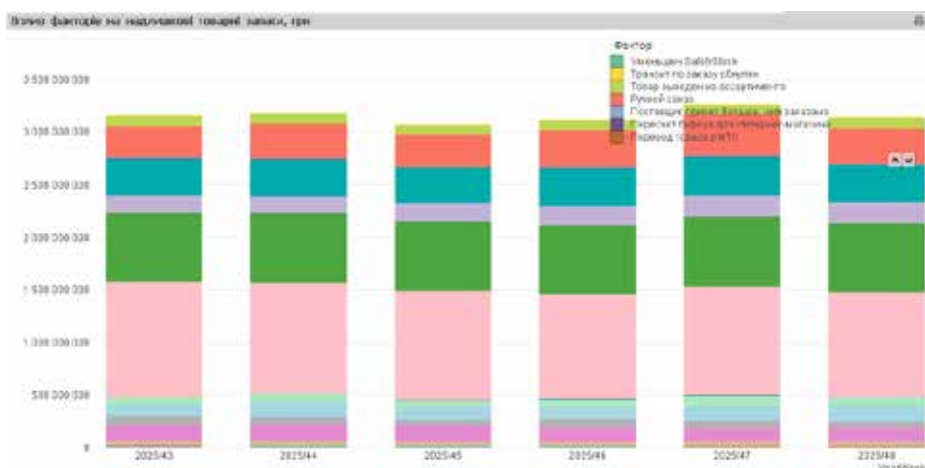


Рис. 5. Вплив факторів на надлишкові товарні запаси

- на рівні компанії, рівні категорії, групи або товару,
- на рівні складу
- на рівні постачальника постачальника
- на рівні регіону
- на рівні окремих тижнів, днів тижня або місяців

Таким чином модуль Dashboard & Reporting дозволяє оцінювати динаміку зміни залишків, продажів, втрачених продажів та надлишкових товарних запасів та проводити аналіз впливу факторів на втрачені продажі на надлишкові товарні запаси в різних розрізах.

**Висновки.** У статті розроблено та обґрунтовано архітектуру програмного забезпечення для аналізу ефективності систем управління запасами, яка забезпечує формалізований підхід до визначення причин втрачених продажів і надлишкових товарних запасів. Запропонована архітектура базується на модульному принципі та охоплює повний цикл аналітичної обробки даних – від збору й нормалізації первинної інформації до аналізу та візуалізації результатів.

Обґрунтовано доцільність застосування CSV-файлів для обміну даними як універсального та продуктивного формату інтеграції з різно-

рідними інформаційними системами. Використання Microsoft SQL Server для зберігання та оброблення даних забезпечує високу продуктивність при роботі з великими масивами інформації, відтворюваність обчислень і можливість масштабування аналітичних процедур. Реалізація аналізу факторів за допомогою T-SQL дозволяє мінімізувати переміщення даних та ефективно використовувати вбудовані механізми оптимізації СУБД.

Використання інструмента QlikView у модулі Dashboard & Reporting забезпечує інтерактивну аналітику, наочне представлення результатів факторного аналізу та підтримку прийняття управлінських рішень на різних рівнях деталізації. Запропоновані дашборди дозволяють оперативно аналізувати динаміку запасів, продажів, втрачених продажів і надлишкових залишків у різних аналітичних розрізах.

Отримані результати можуть бути використані для підвищення ефективності управління запасами в торговельно-логістичних підприємствах, а також слугують основою для подальших досліджень у напрямі автоматизації факторного аналізу та інтеграції прогнозних моделей у єдине аналітичне середовище.

#### Список літератури:

1. Крив'якін К.С. Механізм підвищення ефективності організації логістичної діяльності підприємства. Київ, 2018. С. 77–89.
2. Репіч Т.А., Дячкова Т.О. Ефективність логістичної системи підприємства. Київ, 2018. С. 34–39.
3. Мохненко А.С., Наумов О.Б., Чмут О.О. Модель організаційно-економічного механізму логістичної системи підприємства. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2023. № 48. С. 45–49.
4. Сагайдак М.П., Шевчук І.Р. Управління логістичними ланцюгами бізнес організацій. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2020. № 5. С. 189–193.
5. Islam S. S., Pulungan A. H., Rochim A. Inventory Management Efficiency Analysis: A Case Study of an SME Company. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. № 1402 (022040). С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1402/2/022040>.

6. Boute R. N. et al. Deep reinforcement learning for inventory control: A roadmap. *European Journal of Operational Research*. 2022. Т. 298, №. 2. С. 401–412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.07.016>
7. Tian X. et al. Forecasting intermittent demand for inventory management by retailers: A new approach. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2021. Т. 62. С. 102662. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102662>
8. Khan M. A. et al. Effective demand forecasting model using business intelligence empowered with machine learning. *IEEE access*. 2020. Т. 8. С. 116013–116023. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3003790>
9. Abolghasemi M. et al. Demand forecasting in supply chain: The impact of demand volatility in the presence of promotion. *Computers & Industrial Engineering*. 2020. Т. 142. С. 106380. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.13084>
10. Ulrich M. et al. Classification-based model selection in retail demand forecasting. *International Journal of Forecasting*. 2022. Т. 38, №. 1. С. 209–223. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2021.05.010>
11. Praveena S. et al. A Hybrid Demand Forecasting for Intermittent Demand Patterns using Machine Learning Techniques. *2022 1st International Conference on Computational Science and Technology* (Chennai, 9-10 November, 2022). Chennai, India. С. 54–62
12. Abbasimehr H., Shabani M., Yousefi M. An optimized model using LSTM network for demand forecasting. *Computers & industrial engineering*. 2020. Т. 143. С. 106435.
13. Abbasimehr H., Shabani M., Yousefi M. An optimized model using LSTM network for demand forecasting. *Computers & industrial engineering*. 2020. Т. 143. С. 106435.
14. Perez H.D. Algorithmic Approaches to Inventory Management Optimization. *Processes*. 2021. Vol. 9, № 102. P. 241–258. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr9010102>
15. Яновський, Д., Граф, М. Аналіз існуючих методів прогнозування попиту та способів оцінки їх якості. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*. 2023. № 3. С. 70–77. DOI: <https://doi.org/0.32782/IT/2023-3-9>
16. Marziali M., Rossit D. A., Toncovich A. Warehouse management problem and a kpi approach: A case study. *Management and Production Engineering Review*. 2021. С. 51–62. DOI: <https://doi.org/10.24425/mper.2021.138530>
17. Nwalu, E. A. C., Orga, C. C. & Ugwu, F. I. Economic Order Quantity Dimensions and Efficiency of Manufacturing Industry in Enugu Metropolis. *International Journal of Economics and Public Policy*. 2023. № 7(2). С. 26–37. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8354880>
18. Mohammed, Ismail & Ruqeishi, A & Ullah, Asad. Inventory management: methods, approaches, benefits and challenges. *International Journal of Social Sciences and Management Review*. 2024. № 7(4). С. 10–18. DOI: <https://doi.org/10.37602/IJSSMR.2024.7402>
19. Demiray Kırmızı S., Ceylan Z., Bulkan S. Enhancing Inventory Management through Safety-Stock Strategies—A Case Study. *Systems*. 2024. Т. 12. №. 7. С. 260. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems12070260>
20. Kourentzes N., Trapero J. R., Barrow D. K. Optimising forecasting models for inventory planning. *International Journal of Production Economics*. 2020. Т.25. С. 107597. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107597>
21. Гаврильченко О. В. Управління бізнес-процесами підприємства на основі аналізу їх пріоритетності та виявлення критичних інцидентів. *Вісник Волинського інституту економіки та менеджменту*. 2018. № 21. С. 89–98.
22. Yanovsky D. V.; Graf, M. S. Methods for analyzing the effectiveness of information systems for inventory management. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2024. №. 3. С. 224–232. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2024-3-19>
23. Gupta P., Sachan A. Resource planning and inventory management in supply chain. *Supply Chain Management*. 2024. № 1. С. 58–79. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003509561-4>
24. Chaves-Fraga D., Fernández J.-M., Corcho O., Berlanga R. Enhancing virtual ontology-based access over tabular data with Morph-CSV. *Semantic Web – Interoperability, Usability, Applicability*. 2021. Vol. 12, No. 6. С. 1–27. DOI: <https://doi.org/10.3233/SW-210432>
25. Dinesh L., et al. An efficient hybrid optimization of ETL process in data warehouse of cloud architecture. *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*. 2024. № 1. С. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13677-023-00571-y>
26. Alqhatani A., Alshahrani M., Alkhalidi M., et al. 360° Retail Business Analytics by Adopting Hybrid Machine Learning and a Business Intelligence Approach. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, No. 19, Art. 11942. С. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/su141911942>.
27. Grobler-Dębska K., et al. Time Series Methods and Business Intelligent Tools for Production and Sales Process Analysis. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 15, No. 1, Art. 0287. С. 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15010287>.

28. Jun-jun G., Yongping H. A joint decision model of variant selection and inventory control based on demand forecast-ing, 2008 *IEEE International Conference on Automation and Logistics*. (Qingdao, China, 1–3 september 2008) Qingdao, China. С. 362–367. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICAL.2008.4636176>

### **Yanovsky D.V. SOFTWARE ARCHITECTURE FOR ANALYSING THE EFFECTIVENESS OF INVENTORY MANAGEMENT SYSTEMS**

*The article examines the problem of analyzing the effectiveness of inventory management information systems in conditions of increasing complexity of supply chains, high volatility of demand, and significant volumes of operational data. The inconsistency between forecasting, replenishment planning, and actual consumption of goods leads to lost sales or accumulation of excess inventory, which negatively affects the financial performance of enterprises. The article considers the architecture of software for analyzing the effectiveness of inventory management information systems in conditions of demand uncertainty and complexity of logistics processes.*

*An approach is proposed for quantitatively assessing the impact of factors on the formation of lost sales and excess inventories based on a comparison of actual data with an ideal inventory management model. A modular software architecture has been developed that includes modules for data collection and normalization, factor analysis, and analytical visualization of results.*

*The proposed architecture is implemented in the form of interconnected modules covering the processes of data collection, storage, processing, and visualization. The use of CSV files as a universal format for integration with heterogeneous information systems and Microsoft SQL Server as a platform for storage and high-performance analytical processing of large data sets is justified. To present the analysis results, the QlikView business analytics tool is used, which allows you to create interactive dashboards, perform multidimensional analysis, and support management decision-making.*

*The solutions proposed in the article create a comprehensive analytical environment for evaluating the effectiveness of inventory management systems and can be used in the practice of trade and logistics enterprises to reduce losses, optimize inventory levels, and improve the quality of management decisions.*

**Keywords:** *inventory management, forecasting, efficiency, factor analysis, software architecture, lost sales, excess inventory, business analytics.*

Дата першого надходження статті до видання: 13.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 11.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 08.04.2026