

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Державного університету «Житомирська
політехніка»
доктору технічних наук, професору
ПОДЧАШИНСЬКОМУ Юрію
Олександровичу

ВІДГУК

офіційного опонента **ЯЦИШИНА Андрія Васильовича**,
доктора технічних наук, старшого наукового співробітника, заступника
директора з наукової роботи Центру інформаційно-аналітичного та технічного
забезпечення моніторингу об'єктів атомної енергетики НАН України
на дисертацію **ЯНОВСЬКОГО Дмитра Валерійовича**
на тему «**Методи та алгоритми управління запасами на основі
багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану**»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань
12 «Інформаційні технології» за спеціальністю
121 «Інженерія програмного забезпечення».

1. Актуальність теми дисертації

Ефективне управління товарними запасами є важливою умовою стабільної роботи підприємств роздрібної торгівлі та дистрибуції. Недостатня кількість товарів призводить до втрачених продажів і незадоволеного попиту, тоді як надлишкові запаси спричиняють додаткові витрати на зберігання та заморожування оборотних коштів. Особливо складним це завдання стає для великих торговельних мереж, де необхідно одночасно контролювати значну кількість товарних позицій, аналізувати попит, постачання та переміщення товарів і своєчасно реагувати на зміни їх залишків.

Сучасні інформаційні системи дають змогу автоматизувати облік товарів, прогнозувати попит, планувати замовлення та контролювати рівень запасів. Проте навіть за наявності таких програмних засобів залишається складним завдання визначення причин відхилення фактичних запасів від цільового рівня. На їх формування впливають не лише похибки прогнозування, а й затримки постачання, коригування замовлень, логістичні обмеження та інші операційні події. При цьому важливо не просто встановити можливі причини виникнення дефіциту або надлишку товарів, а й кількісно оцінити вплив кожної з них. Виконання такого аналізу вручну потребує значних витрат часу, тому виникає потреба в розробленні відповідних методів, алгоритмів та програмного забезпечення для автоматизованої підтримки управлінських рішень.

Дисертація Яновського Дмитра Валерійовича «Методи та алгоритми управління запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану» присвячена вирішенню зазначеної проблеми. Дослідження спрямоване на розроблення методів та алгоритмів, які дають змогу визначати вплив окремих операційних подій на формування втрачених продажів і надлишкових товарних запасів з урахуванням їх часової послідовності та кількісних характеристик.

Важливим аспектом роботи є також програмна реалізація запропонованих рішень для автоматизованого аналізу даних і підготовки інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень.

Отже, тема дисертаційного дослідження є актуальною як з наукового, так і з практичного погляду, оскільки пов'язана з удосконаленням методів та алгоритмів аналізу стану товарних запасів, автоматизацією визначення причин їх відхилення від цільового рівня та розширенням аналітичних можливостей інформаційних систем управління запасами.

2. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в такому:

1) вперше розроблено: модель управління товарними запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану, у якій, на відміну від наявних, відхилення фактичного товарного запасу від цільового пов'язується з конкретними причинно-допустимими операційними подіями через їх кількісний вплив і часову позицію, а результати оцінки використовуються як інформаційна основа для вибору коригувальних управлінських дій; методи багатофакторної оцінки втрачених продажів та надлишкових товарних запасів, а також алгоритми кількісної атрибуції для окремої комбінації «товар – місце зберігання – дата», які, на відміну від наявних, забезпечують кількісне визначення впливу кожної причинно-допустимої операційної події на формування відповідного відхилення з урахуванням її часового пріоритету та кількісного впливу;

2) удосконалено формалізацію операційних факторів, що впливають на стан товарних запасів, шляхом представлення фактора як конкретної операційної події, яка характеризується причиною виникнення, часовою позицією, потенційним кількісним впливом на товарний запас і правилами причинної допустимості щодо конкретного відхилення, що забезпечує застосування спільного механізму кількісної атрибуції до різних за природою факторів та можливість розширення їх переліку за умови визначення відповідних правил предметної області;

3) набув подальшого розвитку підхід до визначення причинно-допустимих операційних подій шляхом одночасного врахування їх часової позиції відносно досліджуваного відхилення та напряму потенційного впливу, що дає змогу формувати множину таких подій для окремих випадків втрачених продажів і надлишкових товарних запасів на рівні «товар – місце зберігання – дата».

Отримані результати дисертації є достатньо обґрунтованими та достовірними, оскільки ґрунтуються на застосуванні комплексу наукових методів, зокрема математичного та імітаційного моделювання, алгоритмізації, методів програмної інженерії, реляційного і статистичного аналізу даних. Обґрунтованість запропонованих рішень забезпечується формалізацією операційних факторів, урахуванням часової послідовності подій та розробленням алгоритмів кількісного оцінювання їх впливу на формування втрачених продажів і надлишкових товарних запасів.

Достовірність наукових результатів підтверджується проведеною верифікацією програмної реалізації розроблених методів та алгоритмів, а також

результатами експериментальних досліджень. Зокрема, програмна реалізація відтворила референтний розподіл у всіх 20 000 контрольованих випадках, що підтверджує її відповідність визначеним правилам оцінювання впливу операційних подій. У роботі також досліджено масштабованість розроблених алгоритмів, їхню стійкість до неточностей вихідних даних та вплив рівня деталізації інформації на результати багатфакторної оцінки.

Додатковим підтвердженням практичної придатності запропонованих рішень є їх апробація на підприємствах роздрібної торгівлі. Отримані результати свідчать про можливість використання розроблених методів та алгоритмів для автоматизованої підтримки управлінських рішень.

Отже, поставлене в дисертації наукове завдання щодо розроблення методів та алгоритмів управління запасами на основі багатфакторної оцінки відхилень від цільового стану виконано. Одержані результати мають належне наукове обґрунтування, підтверджені експериментальною перевіркою та практичною апробацією і можуть бути використані для вдосконалення програмного забезпечення інформаційних систем управління запасами, автоматизації аналізу причин виникнення відхилень та підвищення обґрунтованості управлінських рішень.

3. Теоретична цінність і практична значущість наукових результатів

Результати дисертації мають теоретичне та практичне значення для розвитку методів, алгоритмів і програмних засобів управління товарними запасами. Теоретична цінність дослідження полягає в розвитку підходів до багатфакторного аналізу відхилень фактичного стану запасів від цільового з урахуванням причин виникнення та часової послідовності операційних подій. Важливим науковим результатом є розроблення моделі управління товарними запасами, методів оцінювання втрачених продажів і надлишкових запасів, а також алгоритмів кількісного визначення впливу окремих факторів на формування відхилень. Окреме значення має запропонований підхід до аналізу конкретних операційних подій на рівні «товар – місце зберігання – дата», що дає змогу перейти від загального оцінювання стану запасів до визначення внеску окремих причин у виникнення дефіциту або надлишку товарів.

Практична значущість отриманих результатів визначається можливістю їх використання для вдосконалення інформаційних систем управління запасами на підприємствах роздрібної торгівлі та дистрибуції. Розроблене програмне забезпечення дає змогу автоматизувати збирання й оброблення операційних даних, здійснювати багатфакторне оцінювання відхилень та формувати аналітичну інформацію для підтримки управлінських рішень. Його використання дає змогу скоротити час аналізу причин виникнення втрачених продажів і надлишкових товарних запасів, своєчасно виявляти проблемні операційні процеси та обґрунтовано визначати напрями їх коригування.

Практичну цінність роботи підтверджує апробація розробленого програмного забезпечення в ТОВ «РУШ» (мережа магазинів EVA) та ТОВ «ОМЕГА» (мережа супермаркетів VARUS). За результатами впровадження час підготовки аналітичної інформації скоротився на 86,3% і 87,5% відповідно. Також у дисертації наведено результати зниження рівня втрачених продажів на

1,13–1,6 відсоткового пункту та надлишкових товарних запасів на 6,6–7,9 відсоткового пункту порівняно з відповідними періодами попереднього року. Крім того, результати дослідження використано в освітньому процесі Державного університету «Житомирська політехніка», що підтверджується відповідною довідкою про впровадження.

4. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом і спрямованістю дисертація Яновського Дмитра Валерійовича відповідає предметній області спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» та спрямована на розв’язання актуального наукового і прикладного завдання, пов’язаного з розробленням методів та алгоритмів управління товарними запасами, автоматизацією багатофакторної оцінки відхилень їх фактичного стану від цільового та створенням програмного забезпечення для підтримки управлінських рішень.

Дисертація є завершеною науковою працею, у якій послідовно викладено теоретичні положення, розроблені методи й алгоритми, результати їх програмної реалізації та експериментальної перевірки. Одержані результати свідчать про особистий внесок здобувача у розвиток методів аналізу операційних даних, алгоритмів кількісного оцінювання впливу факторів на стан товарних запасів та програмних засобів автоматизованої підтримки управлінських рішень.

За результатами розгляду звіту подібності та аналізу змісту дисертації підстав для встановлення порушень академічної доброчесності не виявлено. Використані в роботі ідеї, результати та матеріали інших авторів супроводжуються належними посиланнями на відповідні джерела.

5. Мова та стиль викладення результатів

Дисертація написана українською мовою. Структура дисертації відповідає меті та завданням дослідження. Виклад основного матеріалу, наукових положень, результатів і висновків є послідовним, логічним та аргументованим, здійснюється з використанням загальноприйнятої наукової та технічної термінології. Дисертація написана в науковому стилі, характерному для досліджень у галузі інформаційних технологій та інженерії програмного забезпечення.

Дисертація складається з анотації, списку публікацій здобувача, вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел та восьми додатків. Загальний обсяг роботи становить 234 сторінки, з них 155 сторінок основного тексту. Дисертація містить 45 рисунків, 28 таблиць, а список використаних джерел налічує 121 найменування, з яких 113 – іноземною мовою.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, визначено його мету, завдання, об’єкт, предмет і методи дослідження. Сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дослідження, публікації за темою дисертації та структуру роботи.

У першому розділі *«Аналіз моделей, методів та програмних засобів управління запасами на основі оцінки їх стану»* проаналізовано сучасні підходи до управління товарними запасами, методи прогнозування попиту та програмні засоби, що застосовуються для обліку, контролю й аналізу запасів. Розглянуто можливості використання технологій автоматичної ідентифікації та збору даних, RFID, Інтернету речей, а також ERP-, WMS- і BI-систем. Значну увагу приділено методам прогнозування попиту, причинного аналізу та кількісного оцінювання впливу факторів на стан товарних запасів. Проаналізовано підходи до визначення втрачених продажів і надлишкових запасів, їхні переваги та обмеження. За результатами проведеного аналізу обґрунтовано необхідність розроблення методів та алгоритмів, які дають змогу не лише виявляти відхилення фактичного стану запасів від цільового, а й визначати кількісний внесок конкретних операційних подій у їх формування.

У другому розділі *«Розробка моделі, методів та алгоритмів багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану в системах управління запасами»* представлено основні теоретичні результати дисертаційного дослідження. Розроблено модель управління товарними запасами, в основу якої покладено порівняння фактичного та цільового станів запасу з урахуванням операційних подій, що впливають на виникнення відхилень. Запропоновано підхід до формалізації факторів як конкретних операційних подій із визначеними причинами виникнення, часовими характеристиками та потенційним кількісним впливом. Розроблено методи багатофакторної оцінки втрачених продажів і надлишкових товарних запасів, а також алгоритми кількісного розподілу впливу причинно-допустимих подій. Особливу увагу приділено врахуванню часової послідовності операційних подій, їх пріоритетності та можливості визначення внеску кожної події у формування відхилень на рівні «товар – місце зберігання – дата».

У третьому розділі *«Програмна реалізація і експериментальна перевірка методів та алгоритмів багатофакторної оцінки»* представлено результати розроблення програмного забезпечення для реалізації запропонованих методів та алгоритмів. Описано його архітектуру, основні функціональні модулі та особливості інтеграції з корпоративними інформаційними системами. Програмну реалізацію здійснено з використанням Microsoft SQL Server, T-SQL і QlikView. Проведено верифікацію розроблених алгоритмів, досліджено їх масштабованість, стійкість до неточностей вихідних даних та вплив рівня деталізації інформації на результати багатофакторного оцінювання. Наведено результати імітаційного моделювання та експериментальної перевірки запропонованих рішень. Окремо проаналізовано результативність практичного використання програмного забезпечення на підприємствах роздрібної торгівлі, зокрема в ТОВ «РУШ» і ТОВ «ОМЕГА». Отримані результати підтверджують можливість скорочення часу підготовки аналітичної інформації та використання багатофакторної оцінки для підвищення ефективності управління товарними запасами.

У загальних висновках узагальнено основні наукові та практичні результати дослідження, наведено підсумки розв'язання поставлених завдань, експериментальної перевірки та практичної апробації запропонованих методів і

алгоритмів. Висновки відповідають меті дослідження та відображають його основні результати.

Список використаних джерел охоплює вітчизняні та зарубіжні наукові праці з питань управління товарними запасами, прогнозування попиту, математичного моделювання, причинного аналізу, алгоритмізації, інформаційних технологій та розроблення програмного забезпечення. Значну частину джерел присвячено сучасним методам оброблення операційних даних, кількісного оцінювання впливу факторів і застосуванню інформаційно-аналітичних систем для підтримки прийняття рішень. Загалом у роботі використано 121 джерело.

Дисертація за структурою, змістом та оформленням загалом відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації». Матеріал викладено послідовно та логічно, окремі розділи змістовно пов'язані між собою і спрямовані на розв'язання поставлених завдань. Теоретичні положення, розроблені методи й алгоритми, результати їх програмної реалізації, експериментальної перевірки та сформульовані висновки утворюють цілісне дослідження.

6. Оприлюднення результатів дисертації

Основні наукові результати дисертаційного дослідження Яновського Д.В. висвітлено у 9 наукових працях. Серед них – 1 стаття у науковому фаховому виданні України категорії «А», що індексується у міжнародній наукометричній базі Web of Science, 3 статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б» та 5 публікацій у матеріалах міжнародних наукових конференцій.

Результати дисертації пройшли апробацію на 5 міжнародних наукових конференціях, зокрема XVI та XVII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси» (2023, 2024), XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2023», XIV Міжнародній науковій конференції студентів та молодих вчених «Сучасні інформаційні технології 2024», а також IV Міжнародній конференції Cyber Hygiene & Conflict Management in Global Information Networks (2025).

Опубліковані наукові праці відображають основні результати дисертаційного дослідження, пов'язані з аналізом методів прогнозування попиту, оцінюванням ефективності інформаційних систем управління запасами, оптимізацією ланцюгів постачання, визначенням факторів виникнення втрачених продажів і надлишкових товарних запасів, а також розробленням архітектури програмного забезпечення для автоматизованого аналізу відповідних показників. Окрему увагу приділено порівнянню експертного та алгоритмічного оцінювання ефективності систем управління запасами.

Особистий внесок Яновського Д.В. у наукові праці, виконані у співавторстві, конкретизовано в дисертації. Він полягає, зокрема, в аналізі методів прогнозування попиту та оцінювання їх точності, розробленні підходів до формування замовлень постачальникам, дослідженні факторів виникнення втрачених продажів і надлишкових товарних запасів, а також розробленні

архітектури програмного забезпечення та методів оцінювання ефективності інформаційних систем управління запасами.

7. Недоліки та зауваження до дисертації

Позитивно оцінюючи наукові результати дисертаційного дослідження, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження та побажання, які мають переважно дискусійний характер і можуть бути враховані під час подальшого розвитку запропонованих методів та алгоритмів.

1) У другому розділі розроблено модель та алгоритми багатофакторної оцінки з урахуванням визначених правил причинної допустимості операційних подій. Водночас доцільно було б розглянути можливість їх адаптації до змін умов діяльності підприємства, зокрема передбачити відстеження змін попиту, умов постачання та формування сигналів про необхідність перегляду параметрів моделі.

2) У пункті 3.1 описано архітектуру програмного забезпечення та організацію оброблення операційних даних. Доцільно було б детальніше розглянути механізми узгодження інформації, отриманої з ERP-, WMS-, POS-систем і ручних записів, зокрема у випадках наявності суперечливих відомостей про одну операційну подію.

3) У пункті 3.2 досліджено стійкість запропонованих алгоритмів до похибок і неповноти вхідних даних. Водночас доцільно було б розглянути можливість доповнення результатів багатофакторної оцінки показником їх достовірності з урахуванням повноти зареєстрованих подій, точності часових міток та оцінок потенційного впливу факторів.

4) У пункті 3.2 проведено верифікацію розроблених алгоритмів та підтверджено відповідність їх програмної реалізації визначеним правилам розподілу впливу факторів. Доцільно було б також перевірити правильність встановлення причин відхилень на незалежних практичних випадках, для яких вплив конкретних операційних подій може бути підтверджений фактичними даними.

5) У математичному апараті дисертації наявні окремі неточності, які потребують уточнення. Зокрема, у формулі (1.5) пропущено закривальну дужку, а у формулі (1.30) недостатньо обґрунтовано використання функції мінімуму між прогнозованим попитом і кратністю замовлення для визначення цільового рівня товарного запасу. Доцільно було б уточнити математичний запис та пояснити прийняті припущення.

6) У формулі (2.2) межі підсумовування прогнозованого попиту потребують уточнення, оскільки не повністю узгоджуються з описаним у тексті періодом поповнення запасів, що визначається через параметри LT і F . Крім того, у формулі (3.7) частку впливу фактора подано як відношення абсолютних показників, тоді як у поясненні результат зазначено у відсотках. Доцільно узгодити ці математичні записи з відповідними поясненнями.

Висловлені зауваження мають переважно рекомендаційний характер, не знижують наукової та практичної цінності отриманих результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

8. Висновок про дисертацію

Вважаю, що дисертація здобувача ступеня доктора філософії Яновського Дмитра Валерійовича на тему «Методи та алгоритми управління запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану» виконана на належному науковому рівні, з дотриманням принципів академічної доброчесності, та є завершеним науковим дослідженням.

Сукупність отриманих теоретичних і практичних результатів забезпечує розв'язання актуального науково-прикладного завдання розроблення методів та алгоритмів багатофакторної оцінки відхилень фактичного стану товарних запасів від цільового для створення програмного забезпечення підтримки управлінських рішень, що має важливе значення для галузі знань 12 «Інформаційні технології». Дисертація за актуальністю, науковою новизною, теоретичним і практичним значенням отриманих результатів повністю відповідає вимогам, встановленим пунктами 6–9 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Яновський Дмитро Валерійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Примітка офіційного опонента

Під час внесення Державним університетом «Житомирська політехніка» відомостей про наукові публікації офіційного опонента до інформаційної системи Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти було допущено неточність у бібліографічному описі публікації «The use of specialized software for liquid radioactive material spills simulation to teach students and postgraduate students» (2022). Зокрема, замість видання *CEUR Workshop Proceedings* було зазначено *CTE Workshop Proceedings*.

Правильні бібліографічні відомості: *CEUR Workshop Proceedings*, Vol. 3085, P. 306–322 (2022). Повний текст публікації доступний за посиланням: <https://ceur-ws.org/Vol-3085/paper05.pdf>. Зазначена публікація індексується в міжнародній наукометричній базі Scopus, що підтверджується відповідним записом у базі.

Зазначена неточність виникла на етапі внесення відомостей закладом вищої освіти та не пов'язана з поданням недостовірної інформації офіційним опонентом. Відповідний бібліографічний запис потребує уточнення в інформаційній системі.

Офіційний опонент:

заступник директора з наукової роботи
Центру інформаційно-аналітичного та
технічного забезпечення моніторингу
об'єктів атомної енергетики НАН України,
доктор технічних наук,
старший науковий співробітник



Андрій ЯЦИШИН