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

РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента,
завідувача кафедри комп'ютерної інженерії та штучного інтелекту
Державного університету «Житомирська політехніка»
ЛОБАНЧИКОВОЇ Надії Миколаївни
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»

Актуальність теми дисертації. Розвиток інформаційних технологій та цифровізація операційної діяльності підприємств зумовлюють постійне зростання обсягів даних, які формуються в ERP-, WMS-, POS- та інших корпоративних інформаційних системах. Серед прикладних задач програмного забезпечення вагоме місце посідає управління товарними запасами, оскільки їх результативність безпосередньо пов'язана з доступністю товарів, рівнем обслуговування споживачів, оборотністю та витратами підприємства. При цьому на фактичний стан запасів впливають не лише параметри попиту, а й значна кількість операційних подій, що виникають у різний час та в різних частинах прикладного програмного забезпечення. Особливого значення набуває можливість відстеження таких подій та встановлення зв'язку з конкретними випадками втрачених продажів і надлишкових товарних запасів. За великої кількості товарних позицій, місць зберігання та щоденних операцій виконання такого аналізу експертним шляхом потребує значних часових і трудових ресурсів. Тому актуальним є створення формалізованих моделей, методів та алгоритмів, які забезпечать автоматизовану обробку журналів операційних подій і формування інформації, придатної для підтримки управлінських рішень та розробки прикладного програмного забезпечення.

Дисертація Яновського Д.В. спрямована на розробку методів та алгоритмів управління запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень фактичного

стану від цільового. Важливим є те, що дослідження охоплює повний ланцюг від формалізації подій і правил їх причинної допустимості до програмної реалізації, експериментальної перевірки та практичної апробації. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку інформаційних технологій та розробці програмного забезпечення, у яких аналітична цінність визначається не лише накопиченням даних, а й можливістю простежити події, взаємозв'язки між ними та використати результати аналізу для прийняття рішень. Таким чином, тема дисертації є актуальною, має наукове та практичне значення і відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Дисертація має логічну структуру, у якій послідовно розкрито сучасний стан управління запасами, виконано аналіз методів прогнозування, причинного аналізу та кількісної атрибуції факторів, сформовано модель багатофакторної оцінки, розроблено методи та алгоритми, а також здійснено їх програмну реалізацію й експериментальну перевірку. Обґрунтованість отриманих результатів забезпечується використанням системного підходу, математичного та імітаційного моделювання, методів алгоритмізації, програмної інженерії, обробки даних у реляційних базах даних і статистичного аналізу, а також SQL-технологій для програмної реалізації.

Достовірність отриманих результатів підтверджується верифікацією на 20 000 контрольованих випадках, у яких було сформовано 62 201 факторну подію. Автор коректно зазначає, що контрольні значення сформовано відповідно до визначених правил причинної допустимості та часової послідовності й використовуються для перевірки програмної реалізації, а не як підтвердження абсолютної достовірності встановлених причин у реальній системі. Додатково проведено аналіз робастності, масштабованості, впливу агрегації даних, імітаційне моделювання та практичну апробацію.

Практичну апробацію проведено на даних торговельних підприємств. За результатами апробації у ТОВ «РУШ» та ТОВ «ОМЕГА» скорочено час підготовки аналітичної інформації відповідно з 120 до 16,4 год та з 96 до 12 год на місяць. Наведені результати доповнюються даними щодо динаміки втрачених продажів та надлишкових запасів після впровадження. Сукупність теоретичних, програмних і експериментальних результатів дає підстави вважати основні положення дисертації достатньо обґрунтованими та достовірними в межах визначених автором умов застосування.

Ступінь наукової новизни результатів дисертаційного дослідження. У дисертації автором отримано низку нових наукових результатів, серед яких особливо слід відзначити:

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;

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;

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 є науково обґрунтованими, мають теоретичну цінність і практичне значення.

Повнота опублікування основних положень дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження опубліковано у 9 наукових працях, зокрема у 3 статтях у наукових фахових виданнях України категорії «Б», 1 статті у науковому фаховому виданні України категорії «А» та 5 публікаціях у матеріалах міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Тематика публікацій послідовно відображає етапи проведеного дослідження. Тому вважаю, що основні положення дисертації висвітлені у публікаціях здобувача достатньою мірою. Кількість та рівень апробації результатів відповідають вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Теоретичне та практичне значення отриманих результатів і рекомендацій про їх використання. Теоретичне значення дисертації полягає в розвитку науково-методичних засад інженерії програмного забезпечення шляхом розробки математичної моделі, методів багатофакторної оцінки та алгоритмів

кількісної атрибуції впливу операційних подій на відхилення фактичного стану товарних запасів від цільового. Важливим теоретичним результатом є формалізація операційних факторів як структурованих подій із визначеними часовими характеристиками, потенційним кількісним впливом і правилами причинної допустимості, що забезпечує можливість їх уніфікованої алгоритмічної обробки. Запропоновані методи та алгоритми розвивають підходи до формального представлення предметної області, автоматизованого аналізу операційних даних і побудови програмних засобів підтримки прийняття рішень, що відповідає науковій проблематиці спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні та впровадженні спеціалізованого програмного забезпечення, яке реалізує запропоновані методи й алгоритми багатофакторної оцінки та забезпечує автоматизоване визначення впливу операційних подій на формування втрачених продажів і надлишкових товарних запасів. Розроблена модульна архітектура програмного забезпечення забезпечує інтеграцію з корпоративними ERP-, WMS- та POS-системами, автоматизовану обробку операційних даних і візуалізацію результатів аналізу. Експериментальна перевірка підтвердила коректність програмної реалізації у 20 000 контрольованих випадках, близьке до лінійного зростання часу обробки зі збільшенням обсягу даних та дала змогу оцінити робастність алгоритмів. Практична апробація в ТОВ «РУШ» і ТОВ «ОМЕГА» засвідчила скорочення часу підготовки аналітичної інформації відповідно на 86,3% та 87,5%, що підтверджує прикладну цінність розроблених програмних рішень для автоматизації аналітичних процесів у корпоративних інформаційних системах.

Оцінка структури та змісту дисертації. Дисертація має логічну та послідовну структуру, що відповідає меті, завданням, об'єкту і предмету дослідження. Робота складається з анотації, вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 234 сторінки, з них 155 сторінок основного тексту, робота містить 28 таблиць та 45 рисунків, налічує 121 літературне джерело, з яких 113 – іноземними мовами, що свідчить про широке охоплення сучасних вітчизняних і зарубіжних наукових досліджень за тематикою роботи. Опрацьована література охоплює питання математичного моделювання, прогнозування попиту, управління запасами, причинного аналізу, алгоритмів обробки даних та програмних засобів підтримки прийняття рішень, формуючи належне теоретико-методологічне підґрунтя дисертаційного дослідження.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наведено положення наукової новизни та практичного значення. Окремо подано відомості щодо використання

технологій штучного інтелекту, особистого внеску здобувача, апробації та публікацій.

У першому розділі проведено аналіз моделей, методів і програмних засобів управління запасами. Розглянуто технології AIDC, RFID, IoT, ERP-, WMS- та BI-системи, методи прогнозування попиту, підходи до причинного аналізу та кількісної атрибуції. На основі аналізу визначено необхідність збереження зв'язку між операційною подією, товаром, місцем зберігання та часом виникнення відхилення.

У другому розділі запропоновано модель управління запасами на основі багатофакторної оцінки, формалізовано операційні фактори та розроблено методи й алгоритми багатофакторної оцінки втрачених продажів і надлишкових запасів. Визначено правила причинної допустимості, порядок відбору подій та процедури кількісного розподілу впливу.

У третьому розділі представлено архітектуру програмного забезпечення, структуру даних та процедури реалізації розроблених методів. Проведено верифікацію, дослідження робастності й масштабованості, експерименти з рівнем агрегації, імітаційне моделювання та оцінку результативності практичного застосування.

Така структура забезпечує послідовний перехід від постановки наукової задачі до її програмно-алгоритмічного розв'язання та перевірки отриманих результатів.

Мова та стиль викладення результатів. Мова та стиль викладення матеріалу дисертації відповідають вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня. Дисертація написана українською мовою з використанням сучасної науково-технічної термінології у галузі інформаційних технологій та інженерії програмного забезпечення. Матеріал викладено логічно, послідовно та аргументовано, із чітким дотриманням причинно-наслідкових зв'язків між поставленим науковим завданням, запропонованими методами та отриманими результатами. Текст характеризується достатнім рівнем наукової обґрунтованості, коректним використанням спеціалізованих термінів, математичного апарату та англомовних технічних понять, які супроводжуються відповідними поясненнями. Оформлення дисертації, структура розділів, таблиць, рисунків і додатків загалом відповідають встановленим вимогам до дисертацій.

Дотримання принципів академічної доброчесності. Аналіз змісту дисертації, характеру викладення матеріалу, наукових результатів, наведених посилань на джерела інформації та публікації автора, дає підстави стверджувати, що дисертація виконана самостійно та відповідає принципам академічної доброчесності. У дисертації належним чином наведено посилання на використані літературні джерела, коректно відображено результати досліджень інших авторів, а запозичення наукових положень, ідей та результатів супроводжуються відповідними бібліографічними посиланнями.

Представлені у дисертації наукові результати, висновки та положення, що виносяться на захист, є результатом особистої наукової роботи здобувача. Ознак академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації результатів досліджень або інших порушень академічної доброчесності під час ознайомлення з дисертацією не виявлено.

Таким чином, дисертація Яновського Дмитра Валерійовича відповідає вимогам академічної доброчесності, встановленим законодавством України та нормативними документами у сфері вищої освіти і наукової діяльності.

Недоліки та зауваження до дисертації. Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертації, доцільно висловити окремі дискусійні зауваження та рекомендації:

1. У програмній реалізації значна роль відводиться журналам операційних подій. Доцільно детальніше описати можливість відстежити шлях даних від первинного запису в ERP-, WMS- або POS-системі до сформованої оцінки впливу, зокрема використання ідентифікаторів подій та збереження інформації про виконані перетворення.

2. Для полегшення перенесення програмного засобу між підприємствами доцільно формалізувати правила обміну даними між модулями та зовнішніми інформаційними системами: обов'язкові поля, формати, правила перевірки та обробку відсутніх значень. Це дозволило б чіткіше відокремити компоненти інтеграції, що залежать від особливостей конкретного підприємства, від універсальної частини алгоритмів.

3. Результати багатофакторної оцінки використовуються як основа для вибору коригувальних дій. Перспективним є доповнення програмного засобу механізмом зворотного зв'язку, що дозволяв би фіксувати оцінку користувачем визначеної причини, прийняту дію та її результат для подальшого аналізу результативності рішень.

4. Верифікація на 20 000 контрольованих випадках підтвердила відповідність програмної реалізації правилам і алгоритмам запропонованих методів. Для подальшого розвитку системи доцільно сформувати автоматизований набір модульних, інтеграційних і регресійних тестів, що дозволить контролювати коректність роботи після додавання нових факторів, правил і джерел даних.

Зазначені зауваження мають дискусійний та рекомендаційний характер, окреслюють напрями подальшого розвитку програмного забезпечення і не применшують наукової новизни, теоретичного та практичного значення отриманих результатів.

Висновок про дисертацію. Дисертація Яновського Дмитра Валерійовича на тему «Методи та алгоритми управління запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану» є завершеним самостійним дослідженням, у якому вирішено актуальне науково-прикладне завдання розробки моделі,

методів, алгоритмів та програмного забезпечення для автоматизованої багатофакторної оцінки відхилень стану товарних запасів від цільового. Отримані результати мають наукову новизну і практичне значення, достатньо обґрунтовані, пройшли програмну верифікацію, експериментальну перевірку та практичну апробацію. Зміст і програмна реалізація роботи відповідають спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Вважаю, що дисертація Яновського Дмитра Валерійовича на тему «Методи та алгоритми управління запасами на основі багатофакторної оцінки відхилень від цільового стану» відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема «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, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Рецензент:
завідувачка кафедри комп'ютерної інженерії
та штучного інтелекту Державного університету
«Житомирська політехніка»,
кандидат технічних наук, доцент Надія ЛОБАНЧИКОВА

Підпис Надії Лобанчикової
Засвідчую:
Учений секретар
Житомирська політехніка
Оксана Войтович

Міністерство освіти і науки України • Державний університет «Житомирська політехніка» • Україна • м.Житомир • і.к.05407870 • ЄДРПОУ