

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

про дисертаційну роботу Беляєвої Анни Андріївни «Синтез оптимальних за вартісними витратами планів експериментів для дослідження технологічних процесів і систем», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертації. Основною метою наукових досліджень є пізнання об'єктивної дійсності, розкриття механізму процесів, які проходять в дослідних об'єктах, виявлення сутності, взаємозв'язків і причин виникнення явищ для одержання певних результатів і розв'язання поставлених задач. Ефективний експериментальний план є найсуттєвішим елементом наукового пошуку, бо дає можливість експериментатору оцінити сформульовану ним первинну гіпотезу, шляхом забезпечення умов для визначення функціонального зв'язку між явищами, що вивчаються.

Процес проведення експерименту вимагає від дослідника переходу від пасивного до активного способу діяльності, оскільки він може змінювати умови вивчення об'єкта. При цьому отримати математичну модель досліджуваного об'єкта необхідно при мінімальних вартісних і часових витратах. Особливо це важливо при дослідженні тривалих процесів і процесів, що мають велику вартість.

Оптимальний план проведення експерименту можливо синтезувати за допомогою метода повного перебору лише для кількості факторів $k \leq 3$, тому стає актуальною задача розробки наближених методів, які дозволяють отримувати результат швидше та які можна застосувати для більшої кількості чинників, що впливають на виробничий процес. Таким чином, робота Беляєвої Анни Андріївни, що присвячена розробленню методів

синтезу оптимальних планів багатфакторного експерименту шляхом їх пошуку перестановкою стовпців матриці планування, табу-пошуком, роєм часток, які б забезпечили отримання плану експерименту з мінімальними вартісними (часовими) витратами, є актуальною як з теоретичної, так і практичної точки зору.

Актуальність теми також підтверджується зв'язком з бюджетною програмою НДР МОН України «Методологія удосконалення промислових паливно-енергетичних комплексів та авіаційних двигунів з використанням інформаційно-вимірювальних систем моніторингу змінних станів в умовах невизначеності вхідних даних» (ДР № 0115U000838), яка проводилась на кафедрі інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут».

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні положення та висновки дисертації обґрунтовані достатньою кількістю проведених досліджень. Авторкою дисертації чітко окреслені мета та завдання дослідження. Особливо варто відмітити, що завдання дослідження, положення наукової новизни і висновки дисертації є логічно взаємопов'язаними. Результати досліджень отримані авторкою особисто.

Наукові положення, висновки та рекомендації є наслідком різнобічних наукових досліджень, виконаних авторкою при вирішенні завдань, які поставлені в роботі. Достовірність отриманих теоретичних та практичних результатів визначається відповідністю оптимальних планів, синтезованих за допомогою методів випадкового пошуку (перестановки стовпців матриці планування), табу-пошуку, рою часток з планами, отриманими повним перебором для $k=3$, а також впровадженням результатів в практику промислових підприємств і наукових установ.

Результати дослідження та наукові положення дисертації достатньо повно представлені в публікаціях у фахових виданнях. Дослідження

проведені на достатньому сучасному рівні. Отримані результати і висновки не викликають сумніву.

Наукова новизна та теоретична цінність результатів дисертаційної роботи полягає в наступному:

1) Уперше отримано:

- метод побудови оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатofакторних експериментів, який відрізняється від існуючих тим, що оптимізація планів виконується табу-пошуком, що дозволяє будувати оптимальні комбінаторні плани без повного перебору варіантів перестановок дослідів;

- метод побудови оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатofакторних експериментів, який відрізняється від існуючих тим, що пошук таких планів виконується із застосуванням рою часток, що дозволяє будувати оптимальні комбінаторні плани без повного перебору варіантів перестановок дослідів.

2) Удосконалено метод побудови близьких до оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатofакторних експериментів, який відрізняється від існуючих тим, що пошук таких планів реалізується шляхом перестановки стовпців матриці планування, що дає змогу скоротити час пошуку близьких до оптимальних планів експерименту.

3) Отримав подальшого розвитку порівняльний аналіз розроблених та існуючих методів оптимізації планів багатofакторних експериментів, що дає змогу проводити цілеспрямований вибір методу для дослідження реальних об'єктів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в доведенні теоретичних положень дисертації до рівня нової методології експериментальних досліджень, конкретних методів та апаратних засобів, які безпосередньо використані на підприємствах: ДП ХПЗ ім. Т. Г. Шевченко (акт впровадження від 28.06.2019 р.), що дозволило вирішити ряд задач,

пов'язаних з проектуванням систем контролю та управління бронетанковою технікою (розроблено терморегулятори та біметалеві датчики температури); ПАТ «Авіаконтроль» (акт впровадження від 02.12.2019 р.), що дозволило вирішити ряд задач, пов'язаних з проектуванням систем контролю і моделювання процесів виробництва авіаційної техніки (розроблено волоконно-оптичний датчик вологості і температури та терморегулятори). Також розроблені авторкою методи побудови оптимальних планів багатofакторного експерименту на основі перестановки стовпців матриці планування, табу-пошуку, рою часток і відповідне програмне забезпечення, а також біметалеві датчики температури впроваджено у навчальний процес кафедри інтелектуальних вимірювальних систем та інженерії якості Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «ХАІ» в курсах лекцій «Теорія планування експерименту» та «Вимірювальні перетворювачі» (акт впровадження від 30.11.2019 р.). Авторкою було вдосконалено ваговимірювальну систему, до складу якої входять розроблені волоконно-оптичний датчик вологості та температури, терморегулятори або біметалеві датчики температури. На вище зазначені прилади і датчики було отримано патенти на корисні моделі. Розроблена ваговимірювальна система може застосовуватися для вимірювання вагової витрати гранульованого або порошкоподібного матеріалу.

Запропоновані авторкою методи можуть бути ефективно використані під час моделювання різних технологічних процесів і приладів.

Практична цінність розроблених програмних продуктів, які можуть використовуватися для автоматизації процесу оптимізації планів багатofакторного експерименту з використанням методів побудови планів оптимальних за вартісними (часовими) витратами, підтверджена отриманням на них свідоцтв про реєстрацію авторського права на комп'ютерні програми.

Рекомендації щодо використання результатів. Доцільно спрямувати подальше впровадження результатів, отриманих здобувачкою, на підприємствах та в організаціях, які займаються проектуванням та розробкою автоматизованих систем з використанням планування експерименту, і особливо в галузі приладобудування, що дозволить, спираючись на отриману інформацію, приймати обґрунтовані рішення щодо зменшення загальної вартості проведення експериментів.

Повнота викладу результатів роботи в опублікованих працях. Основні результати повно відображено у 30 наукових публікаціях, з них 8 статей - у наукових фахових виданнях України (2 - у виданнях включених до міжнародної наукометричної бази Thomson Reuters Web of Science (WoS), 1 - в іноземному фаховому виданні), 7 свідоцтв про реєстрацію авторського права на твір (комп'ютерні програми), 6 патентів на корисну модель, 8 - у матеріалах конференцій (3 - у закордонних, з яких 1 - англійською мовою).

В тексті дисертаційної роботи та публікаціях авторки відсутні порушення академічної доброчесності. Дисертація оформлена згідно існуючих вимог.

У публікаціях, які написані у співавторстві, автору належать такі результати: розроблення методів побудови оптимальних за вартісними (часовими) витратами планів багатofакторного експерименту, оснований на їх пошуку перестановкою стовпців матриці планування, табу-пошуком, роєм часток, а також програмного забезпечення; проведення оптимізації планів багатofакторного експерименту для дослідження приладів та технологічних процесів; запропоновано використання біметалевого термометра у складі терморегулятора; введення нових елементів і зв'язків між ними у складі волоконно-оптичного датчика, біметалевого датчику температури; використання біметалевого термометра у корисній моделі терморегулятора; введення датчика температури до складу ваговиміральної системи.

Також авторка має 6 робіт, які виконані без співавторів.

Апробація матеріалів дисертації. Наукові результати дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на 8 конференціях (3 з них закордонні): «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ – 2014» (Харків, 2014 р.), XII Міжнародна науково-практична конференція «Військова освіта і наука: сьогодення та майбутнє» (Київ, 2016 р.), XIV Международный научно-технический семинар «Неопределенность измерений: научные, нормативные, прикладные и методические аспекты (UM-2017)» (Болгария, Созополь, 2017 р.), Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2017» (Харків, 2017 р.), Одинадцята міжнародна науково-практична конференція «Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2018)» (Київ, 2018 р.), XV Международный научно-технический семинар «Неопределенность измерений: научные, нормативные, прикладные и методические аспекты (UM-2018)» (Болгария, Созополь, 2018 р.), 28th International scientific symposium «Metrology and metrology assurance 2018» (Болгария, Созополь, 2018 р.); Міжнародний науковий симпозіум «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РІШЕННЯ». Обчислювальний інтелект (Ужгород, 2019 р.).

Зауваження щодо змісту дисертації:

1. У першому пункті наукової новизни стверджується, що «вперше отримано метод побудови оптимальних планів багатofакторних експериментів». Насправді запропонований метод призводить до оптимального плану тільки в найпростіших окремих випадках, наприклад, якщо число факторів дорівнює трьом. У загальному випадку метод дозволяє отримати ефективний, але не обов'язково оптимальний план. Це ж зауваження стосується і до другого пункту новизни.

2. У розділі 1.2.2 роботи затверджується, що при використанні методу випадкового пошуку оптимального плану ймовірність знайдення точного результату не залежить від розмірності задачі, що не вірно.

3. Співвідношення для розрахунку сумарних витрат при проведенні експерименту (стор.68) записано неточно.

4. Запропонований метод пошуку оптимального плану при повному переборі всіх перестановок стовпців не гарантує отримання оптимального плану, так як результат всіх перестановок залежить від початкового плану. Шуканий оптимальний план при перестановці стовпців може бути отриманий тільки, якщо початковий план реалізується з найменшим числём змін рівнів факторів.

5. Проведене порівняння швидкості пошуку оптимального плану методами перестановки стовпців і рядків не цілком коректно, так як обсяги перебору в цих двох варіантах пошуку не співмірні. Якщо число факторів дорівнює чотирьом, то число варіантів перестановки стовпців дорівнює 24, а число варіантів перестановки рядків одно $2,092 \times 10^{13}$.

6. Порівняння ефективності методу табу-пошуку і методу гілок і меж також не цілком коректно. Метод гілок і меж забезпечує точне рішення задачі, а метод табу-пошуку тільки наближене. При цьому рівень наближення оцінити неможливо.

7. Співвідношення (3.1) і (3.2) для оцінок вартості проведення експерименту і його тривалості не точні.

8. Для пошуку оптимального плану в двукритеріальних задачах використовувалася технологія, заснована на роздільному вирішенні завдань по кожному з критеріїв. Цей підхід не є ефективним. Варто було б скалярізувати векторний критерій або використовувати метод Парето-оптимізації.

Висновки. Вказані зауваження суттєво не зменшують загальну позитивну оцінку роботи. Авторка досягла поставленої мети зменшення витрат на проведення експериментів за рахунок розроблення методів, алгоритмів і програмного забезпечення для оптимізації їх планів. Рукопис

дисертації написаний з використанням фахової термінології. Для тексту характерна цілісність і смислова завершеність.

Дисертація є завершеним самостійним дослідженням, у якому розв'язується наукове завдання з розроблення методів та програмних продуктів для оптимізації планів багатofакторного експерименту на основі перестановки стовпців матриці планування, табу-пошуку, рою часток. Також було проведено експериментальні дослідження цих методів і удосконалено систему для вимірювання вагової витрати гранульованого або порошкоподібного матеріалу, що має істотне значення для галузі автоматизації та приладобудування.

За актуальністю обраної теми, обґрунтованістю наукових положень, сформульованих висновків і рекомендацій, їх новизною, повнотою викладення в наукових публікаціях та відсутністю порушень академічної доброчесності дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06 березня 2019 року №167, а її авторка – Беляєва Анна Андріївна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Професор кафедри розподілених інформаційних систем та хмарних технологій

Національного технічного університету «ХПІ»,

доктор технічних наук, професор

« 30 » червня 2020 р.

Підпис Раскіна Л.Г. завіряю

