

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

на дисертаційну роботу **Порплиці Наталії Петрівни**
«Ідентифікація інтервальних моделей об'єктів з розподіленими параметрами
на основі поведінкових моделей бджолоїної колонії»,
поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Загальновідомою є складність задач моделювання об'єктів з розподіленими параметрами, оскільки необхідно одночасно моделювати часові зміни та просторовий розподіл їх характеристик. Для побудови математичних моделей таких об'єктів чи процесів традиційно застосовують дедуктивний підхід, що базується на глибокому вивченні фізичних та інших законів функціонування таких процесів. Проте побудова моделей на основі експериментальних або дослідних даних індуктивним шляхом, з використанням принципів самоорганізації, часто є значно ефективнішою з точки зору значного зменшення часових затрат на отримання моделей, достатніх для прийняття адекватних рішень.

Варто зауважити, що прикладні задачі часто вимагають побудови математичної моделі об'єкта з розподіленими параметрами так, щоб забезпечити її точність в межах похибки експериментальних даних, заданих певним інтервалом допустимих значень. При цьому існуючі методи ідентифікації структури та параметрів моделей у вигляді різницевих операторів, зокрема, на основі генетичних алгоритмів, характеризуються високою обчислювальною складністю з огляду на специфіку інтервальних обчислень. Крім того, використання таких методів може призвести до переускладнення структури математичної моделі.

Отже, в цій дисертаційній роботі розглядається важлива і актуальна задача зниження обчислювальної складності методів структурної ідентифікації математичних моделей об'єктів з розподіленими параметрами у вигляді різницевих операторів з гарантованими прогностичними властивостями.

У роботі показано, що структурна ідентифікація такого класу моделей є задачею дискретної оптимізації, а для забезпечення ефективного механізму виявлення та уникнення локальних екстремумів відповідної функції мети доцільно поєднати методи аналізу інтервальних даних та принципи ройового інтелекту на основі поведінкових моделей бджолоїної колонії.

Аналіз змісту дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи – 159 сторінок, з них 125 – основного тексту. У праці міститься 30 рисунків та 12 таблиць.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, викладено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок, публікації та апробацію наукових розробок.

У *першому розділі* виконано критичний аналіз наявних методів структурної ідентифікації різницевих операторів. Автором запропоновано застосувати принципи ройового інтелекту, притаманного бджолиній колонії, для побудови методу структурної ідентифікації математичних моделей з гарантованими прогностичними властивостями.

У *другому розділі* встановлено основні аналогії між поведінковою моделлю бджолиній колонії та основними процедурами методу структурної ідентифікації моделей. На основі формалізованої аналогії автором обґрунтовано поєднання методів аналізу інтервальних даних та бджолиного інтелекту для зниження обчислювальної складності методів структурної ідентифікації інтервальних різницевих операторів.

У *третьому розділі* розроблено новий метод структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора, що ґрунтується на поведінкових моделях бджолиної колонії та забезпечує одночасне зниження обчислювальної складності методу і спрощення моделей з гарантованими прогностичними властивостями. Розроблено ітераційну обчислювальну схему реалізації запропонованого методу та експериментально показано її ефективність.

У *четвертому розділі* розглянуто особливості організації інтерфейсу користувача розробленого програмного комплексу для автоматизації процесу структурної ідентифікації моделей об'єктів з розподіленими параметрами з гарантованими прогностичними властивостями. Експериментально підтверджено ефективність розробленого методу, схеми його реалізації та програмного комплексу на прикладі побудови моделі розподілу максимальної амплітуди інформаційного сигналу.

У *висновках* до розділів та дисертації в цілому подано основні теоретичні та практичні результати і рекомендації щодо їх використання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. На підставі аналізу змісту дисертації можна зробити висновок, що наукові положення, сформульовані автором у результаті виконаних досліджень, є *достатньо обґрунтованими*, оскільки базуються на теорії систем, на теорії індуктивного моделювання, на оптимізаційних та на чисельних методах, на методах інтервального аналізу даних, на коректному використанні експериментів для підтвердження та інтерпретації результатів. *Вірогідність висновків та рекомендацій* дослідження забезпечено завдяки коректному застосуванню математичного апарату, адекватності побудованих математичних

моделей, несуперечністю з досягнутим рівнем знань в цій галузі, кваліфікованій програмній реалізації, детальному аналізу та практичному впровадженню результатів дисертаційної роботи.

Наукова новизна дисертаційної роботи. Дисертантом отримано такі основні наукові результати:

– *уперше* для ідентифікації математичних моделей об'єктів з розподіленими параметрами формалізовано та обґрунтовано поєднання методів аналізу інтервальних даних та поведінкових моделей бджолоїної колонії, що забезпечило зниження обчислювальної складності методів структурної ідентифікації моделей з гарантованими прогностичними властивостями у вигляді інтервальних різницевих операторів;

– *уперше* розроблено метод структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на поведінкових моделях бджолоїної колонії, що забезпечує одночасне підвищення швидкодії та спрощення структури інтервальних моделей;

– *уперше* запропоновано багато етапну ітераційну обчислювальну схему реалізації методу структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора з використанням поведінкових моделей бджолоїної колонії, що забезпечує збіжність розробленого методу;

– *удосконалено* математичну модель розподілу вологості на поверхні листа гіпсокартону на завершальній стадії його виготовлення, яка, на відміну від наявної, є простішою й водночас працездатна в більшому діапазоні зміни значень факторів технологічного процесу;

– *удосконалено* математичну модель розподілу на площині хірургічної рани максимальної амплітуди інформаційного сигналу, який є реакцією на подразнення тканин хірургічної рани змінним струмом, що, на відміну від існуючих, потребує меншої кількості вимірювань для ідентифікації і зменшує затрати часу на моніторинг області локалізації зворотного гортанного нерва.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення одержаних результатів засвідчують:

– побудовані математичні моделі розподілу вологості на поверхні листа гіпсокартону на завершальній стадії його виготовлення, які, на відміну від існуючих, є простішими і одночасно враховують більший діапазон зміни значень чинників технологічного процесу;

– побудована математична модель розподілу максимальної амплітуди інформаційного сигналу на площині хірургічної рани в процесі операції на щитовидній залозі; ця модель, на відміну від існуючих, потребує меншої кількості вимірювань для ідентифікації й тим самим зменшує затрати часу на моніторинг області локалізації зворотного гортанного нерва;

– розроблений метод структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора, який, на відміну від існуючих, ґрунтується на поведінкових моделях бджолоїної колонії, що забезпечує одночасне зниження обчислювальної складності методу та спрощення математичних моделей із гарантованими прогностичними властивостями;

– розроблена нейроподібна обчислювальна схема реалізації методу структурної ідентифікації інтервального різницевого оператора, яка, на відміну від існуючих, побудована на основі поведінкових моделей бджолоїної колонії, що забезпечує збіжність методу структурної ідентифікації;

– створений програмний комплекс на основі розроблених методу структурної ідентифікації та ітераційної схеми його реалізації, який дозволяє автоматизувати процес структурної ідентифікації математичних моделей у вигляді інтервальних різницевих операторів.

Практичне застосування отриманих автором нових наукових результатів підтверджено доданими до дисертації актами про впровадження.

Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях. Основні результати дисертації достатньо повно викладено в 14 опублікованих наукових працях, з них: 5 статей у фахових виданнях за переліком ВАК України, у т.ч. 2 статті у виданнях, зареєстрованих у міжнародній наукометричній базі Index Copernicus; 9 публікацій у матеріалах конференцій, у т.ч. 2 публікації у матеріалах конференцій, які включені до міжнародної наукометричної бази Scopus. Наявні публікації автора достатньо відображають зміст усіх розділів дисертаційної роботи.

Видання, в яких опубліковано наукові праці, відповідають профілю спеціальності й дають змогу науковій громадськості та фахівцям у галузі математичного моделювання і обчислювальних методів ознайомитися з отриманими автором науковими результатами.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційного дослідження.

1. Незрозуміло, чому в (1.5) однаковий «порядок РО d » відноситься одночасно до *всіх* 4-х координат часу і простору, і в яких межах він задається?

До того ж тут вказано, що всі індекси i, j, h, k чомусь починаються з $d - i$ виходить, що у правій частині цього рівняння величини $v_{0,0,0,0}$ та $v_{i-d,j-d,h-d,k-d}$ просто однакові. Очевидно, що тут всі i, j, h, k мають починатися з 1.

2. Вказане на стор. 30 твердження «МГУА ... ґрунтується на постулаті: чим менш точні дані, тим простішою має бути математична модель» – глибоко помилкове: це не постулат, а строго аналітично доведений факт.

3. Занадто довгий опис «біологічного підґрунтя» поведінкової моделі бджолоїної колонії в п. 2.1 є зайвим для подальшого конструювання алгоритму.

3. В розробленому автором алгоритмі, де «випадковим чином обираємо елементи поточної структури», мають виникати *повтори* згенерованих структур, проте невідомо, чи і як автор їх уникає.

4. Чому «Простір розв'язків задачі структурної ідентифікації IPO» формується зовсім штучним і ніяк не поясненим поділом складових вектора базисних функцій на 2 частини? Тому на рис. 2.2 маємо лише 25 «вузлів сітки» замість 45 усіх можливих пар.

5. Чому *саме такими* обрано подані в Таблицях 3.2 та 4.2 множини структурних елементів F для двох прикладних задач ідентифікації?

6. В роботі відсутні будь-які рекомендації щодо обґрунтованого вибору або генерації множин структурних елементів F для задач ідентифікації, а також щодо задавання ключових параметрів обчислювальної схеми для ефективного застосування розробленого методу.

7. Критерії якості (значення функції мети) в розробленому методі обчислюються на *всій* вибірці, тому «прогностичні властивості» таких моделей є певною мірою *невизначеними*. В роботі відсутня контрольна перевірка/верифікація моделей на незалежних даних.

8. Незрозуміло, яку природу має «інформаційний сигнал, отриманий внаслідок подразнення тканин хірургічної рани змінним струмом», в яких одиницях і як його фіксують?

9. Зауваження щодо оформлення роботи:

- підписи під рис. 2.1 2.3 та 3.1 мали би бути в альбомній орієнтації;
- рис. 2.8 – це простий повтор рис. 2.5, тому він просто зайвий;
- пункт 3.2 з прикладом застосування розробленого методу логічно мав би бути *після* опису його програмної реалізації, тому п. 4.1 з цим описом слід було перенести до розділу 3.

10. В роботі зустрічаються мовні недоліки:

- у назві Розділу 1 після слів «...ІНТЕРВАЛЬНОГО РІЗНИЦЕВОГО...» відсутнє слово «ОПЕРАТОРА»;
- зловживання сполучником «із»: «моделі із», «кожної із», «задачі із»;
- автор має певні проблеми з коректною розстановкою ком: «на основі інформації отриманої, із танців робочих бджіл, бджоли-дослідники, обирають відоме джерело», с. 51-52; «відповідно до постановки задачі наведеної у першому розділі дисертаційного дослідження відомими є межі інтервалу», с. 54;
- неправильне відмінювання слова «вісь»: «утвореної вісями», «на цих вісях», «по вісі» (с. 63);
- зустрічаються некоректні конструкції-русизми: «виконується наступна рівність», «задаємо наступним чином», «у відповідності до».

Вказані недоліки дещо знижують загальне враження від оформлення та наповнення змісту дисертаційної роботи, проте не впливають на в цілому позитивну її оцінку.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Подана до захисту дисертаційна робота Н.П. Порплиці «Ідентифікація інтервальних моделей об'єктів з розподіленим параметрами на основі поведінкових моделей бджолоїної колонії» є оригінальною та завершеною науково-дослідницькою працею, в якій отримано нові наукові результати, що мають теоретичну та практичну цінність.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною значущістю отриманих результатів дисертаційна робота «Ідентифікація інтервальних моделей об'єктів з розподіленим параметрами на основі поведінкових моделей бджолоїної колонії» відповідає вимогам Департаменту Атестації кадрів Міністерства освіти і науки України до кандидатських дисертацій, а її автор Порплиця Наталія Петрівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи.

Офіційний опонент

Завідувач відділу інформаційних технологій індуктивного моделювання Міжнародного науково-навчального центру інформаційних технологій та систем НАН та МОН України, доктор технічних наук, професор



В. С. Степашко