

ВІДГУК

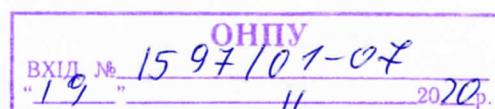
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
АТАМАНЮКА Ігоря Петровича
на дисертаційну роботу Федорової Ганни Миколаївни
«Метод та засоби інформаційної технології ідентифікації непараметричних
динамічних моделей око-рухового апарату»,
яку подано на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

1. Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Задачі математичного та комп'ютерного моделювання сучасних складних процесів і систем потребують розробки нових ефективних методів ідентифікації – побудови адекватних математичних моделей досліджуваних об'єктів на основі даних експериментів «вхід-вихід». Задачі ідентифікації відносяться до класу задач індуктивного моделювання, суть яких полягає в переході від емпіричної інформації до математичної моделі, на основі якої здійснюється дослідження складної системи.

Для дослідження складних нелінійних динамічних систем використовуються моделі у вигляді інтегро-степеневих рядів Вольтерри. При цьому нелінійні і динамічні властивості системи повністю характеризуються послідовністю багатовимірних вагових функцій – ядер Вольтерри або їх інтегралів – багатовимірних перехідних функцій при моделюванні системи в часовій області, що забезпечує точність побудови моделей. Але великий обсяг первинної ідентифікаційної інформації у вигляді багатовимірних часових функцій призводить до зниження оперативності процесу ідентифікації. Це протиріччя між точністю та швидкістю моделювання може бути розв'язане за рахунок побудови діагностичних моделей суттєво менших розмірів (редукції моделей).

Таким чином, актуальною науково-технічною задачею математичного моделювання є подальший розвиток методів та відповідних інструментальних алгоритмічних та апаратно-програмних засобів побудови математичних моделей нелінійних динамічних систем на основі інтегро-степеневих рядів Вольтерри та їх адаптація до вирішення практичних задач у різних галузях, зокрема, для об'єктів живої природи.



2. Аналіз змісту дисертації по розділах.

У вступі, у стислій формі, наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету і задачі дослідження, наукову новизну і практичне значення одержаних результатів. Наведено дані про особистий внесок здобувача у роботи, виконані у співавторстві, апробацію результатів роботи.

Розділ 1 містить огляд застосування моделей Вольтерри для ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів щодо розв'язування науково-технічної задачі підвищення точності та швидкодії моделювання нелінійних динамічних об'єктів в сучасних інформаційних системах.

На підставі виконаного огляду наведено постановку задач дослідження. Для вирішення цих задач обґрунтована необхідність розробки методу непараметричної ідентифікації нелінійних інерційних об'єктів типу «чорний ящик» на основі багатовимірних вагових та перехідних функцій з використанням тестових ступінчастих сигналів, що забезпечує належну точність оцінки парціальних складових, а, отже, часових функцій на основі експериментальних даних.

У **розділі 2** розроблено метод непараметричної ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів типу «чорний ящик» на основі багатовимірних перехідних функцій, отриманих за даними експерименту «вхід–вихід» за допомогою вхідних ступінчастих тестових впливів, що винесено на захист як п. 2 наукової новизни.

На основі розробленого методу створено обчислювальні методи для ідентифікації моделей око-рухового апарату з одним входом та одним виходом, а також для моделей з двома входами та двома виходами.

Для згладжування результатів ідентифікації та підвищення точності і завадостійкості моделювання запропоновано застосування вейвлет-фільтрації, що винесено на захист як п. 4 наукової новизни.

Розділ 3 присвячено синтезу інформаційної технології ідентифікації непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату.

На підґрунті методу непараметричної ідентифікації нелінійних інерційних об'єктів, розробленого в розділі 2, *отримав подальший розвиток* метод стискання запропонованих моделей око-рухового апарату, представлених як нелінійні інерційні об'єкти, на основі кореляційної фільтрації відліків піддіагональних перетинів багатовимірних вагових та перехідних функцій для редукції простору ознак, що винесено на захист як п. 3 наукової новизни.

Розділ 5 присвячено розробці програмної архітектури високопродуктивних обчислень з використанням хмарних технологій машинного навчання.

У **розділі 6** розглядаються застосування інформаційної технології ідентифікації непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату до вирішення практичних задач моделювання.

Отримано непараметричні моделі око-рухового апарату людини у вигляді перехідної та двовимірної перехідної функції, побудованих за даними експерименту «вхід–вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів, які дозволяють підвищити точність моделювання за рахунок одночасно врахування нелінійних та інерційних властивостей око-рухового апарату, що винесено на захист як п. 1 наукової новизни.

У **висновках** сформульовані основні наукові та практичні результати дисертації, а також наведено результати її впровадження.

3. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

В дисертації автором отримано нові, науково обґрунтовані результати, що, в сукупності, розв'язують важливу науково-технічну задачу — удосконалення методу та засобів математичного і комп'ютерного моделювання неперервних нелінійних динамічних систем на основі моделей Вольтерри, призначених для використання в інформаційних системах ідентифікації око-рухового апарату, що дають змогу підвищити ефективність (точність і швидкодію) таких систем. Для порівняння варто відзначити, що в існуючих методах ідентифікації неперервних нелінійних динамічних моделей на першому місці, як правило, знаходиться питання точності моделі, а питання швидкодії відноситься на другий план. В даній роботі підвищення точності та швидкодії процедури ідентифікації розглядається в комплексі.

Наукова новизна положень, висновків і рекомендацій полягає в такому.

Здобувачем запропоновано непараметричну модель око-рухового апарату людини у вигляді перехідної та двовимірної перехідної функції, побудованих за даними експерименту «вхід–вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів. Це дало змогу одночасно врахувати нелінійні та інерційні властивості око-рухового апарату та підвищити точність моделювання.

Розвинуто метод побудови непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату у вигляді перехідної та двовимірної перехідної функцій на основі

даних експериментів «вхід–вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів. Новизна цього методу суттєво пов'язана із новизною підходу до опису око-рухового апарату і полягає у виділенні парціальних складових з відгуків та визначенні на їх основі багатовимірних перехідних функцій. Це дозволяє зменшити обсяг обчислень та підвищити швидкодію моделювання.

Також розвинуто метод стискання запропонованих моделей око-рухового апарату, на основі кореляційної фільтрації відліків часових функцій. Це дозволяє понизити порядок моделі, що дає змогу підвищення швидкодії моделі при зберіганні достатньої точності моделювання за рахунок найбільш повного використання інформації на певних ділянках первинних моделей.

Здобувачем також удосконалено метод детермінованої ідентифікації око-рухового апарату у вигляді непараметричних динамічних моделей шляхом застосування вейвлет-фільтрації для згладжування експериментальних даних і оцінок багатовимірних перехідних функцій. Це дозволяє підвищити точність ідентифікації та забезпечити завадостійкість запропонованих моделей.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.

В дисертації автором проаналізовано розвиток методів ідентифікації нелінійних інерційних об'єктів в галузі математичного моделювання, виходячи з чого визначені досягнення науки в даних галузях, вказані відомі розробки та їх недоліки, які спонукають до проведення подальших наукових досліджень. Здобувачем сформульовано невирішені питання, які призводять до існування протиріччя між потребами практики при побудові інформаційних моделей сучасних складних об'єктів. З метою усунення окресленого автором протиріччя здійснено коректну постановку наукової задачі, для розв'язання якої встановлена послідовність наукових задач. Ці задачі створюють логічна обґрунтовану послідовність, що відтворює системне бачення поставленої наукової задачі.

Для цього автором виділені основні етапи постановки та розв'язання конфліктних задач, а саме:

1. Дослідити сучасні методи побудови та редукції моделей неперервних нелінійних інерційних об'єктів в інформаційних системах на основі багатовимірних вагових та перехідних функцій;

2. Розробити метод непараметричної ідентифікації нелінійних інерційних об'єктів на основі багатовимірних перехідних функцій, які отримуються за даними експерименту «вхід-вихід»;

3. Розробити інформаційну технологію побудови діагностичних моделей в інформаційних системах, що ґрунтується на первинному описі об'єктів у вигляді багатовимірних вагових та перехідних функцій та подальшій інформаційній оптимізації за допомогою кореляційної фільтрації;

4. Застосувати розроблений метод та інструментальні засоби інформаційної технології ідентифікації неперервних нелінійних об'єктів для побудови непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату.

Для розв'язання зазначених задач автором, в рамках сучасних наукових підходів, обрано та коректно використано адекватні методи дослідження, встановлено їхню придатність для розв'язування відповідних задач, межі застосування та застосовано комп'ютерний експеримент для підтвердження висунутих наукових положень. У дисертації зроблено обґрунтовані і правильні висновки за результатами досліджень, проведених в рамках встановлених наукових задач. Висновки містять обґрунтовані вказівки на умови задач, вибір методів їх рішення та способи застосування методів. Отже, комплексне застосування низки розроблених наукових методів дозволило забезпечити можливість розв'язання поставленої наукової задачі і розробити теоретичні основи створення високоефективного методу та інструментальних засобів ідентифікації моделей нелінійних інерційних об'єктів. Таким чином, головні наукові положення і висновки, які висунула Г. М. Федорова у дисертації, є достатньо обґрунтованими.

5. Значення для науки і практики висновків, сформульованих у дисертації.

Найбільш істотне значення для науки і практики полягає у подальшому розвитку методу ідентифікації нелінійних динамічних систем в часовій області та розробці апаратно-програмних засобів автоматизованого управління процесом ідентифікації око-рухового апарату людини.

Наведені в дисертації наукові положення дозволяють відзначити наукову значимість роботи, яка визначається впливом на існуючі концепції та підходи щодо отримання непараметричних моделей нелінійних динамічних систем та їх редукції. Зважаючи на новизну, концептуальність, доказовість та перспективність наукових

положень дисертації, їх теоретичне значення можна оцінити як дуже високе внаслідок того, що результати дослідження визначають принципи застосування теоретичних положень на практиці та створюють нові перспективи для прикладних досліджень.

6. Повнота викладу результатів в наукових працях опублікованих за темою дисертації.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертації, викладено в наукових фахових виданнях у вигляді 7 статей, з яких , 5 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук (у тому числі 1 робота у журналі з міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 статті у зарубіжних наукових періодичних виданнях з напрямку, з якого підготовлено дисертацію. Публікації обґрунтовано віддзеркалюють зміст отриманих автором нових наукових результатів. Обсяг та повнота публікацій відповідає існуючим вимогам щодо дисертацій доктора філософії в галузі технічних наук.

Ці результати додатково оприлюднено та опубліковано у вигляді 6 тез доповідей міжнародних конференцій. Крім того, їх викладено у науково-дослідній роботі Одеського національного політехнічного університету (№ держреєстрації 0118U006825) за участю автора.

7. Відсутність порушення академічної доброчесності.

Дисертація містить результати власних досліджень автора. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Фактів порушення академічної доброчесності в дисертації здобувача не знайдено.

8. Зауваження до змісту дисертації.

1. В запропонованих критеріях точності (1.32, 1.33) дисертації присутня еталонна функція, яка є аналітичним виразом, але не зрозуміло, яким чином вона визначається для реальних об'єктів типу «чорний ящик».

2. З тексту не зрозуміло звідки взято значення рангів оцінки адекватності моделей та відповідні їм значення відсоткової нормованої середньоквадратичної помилки, наведених в табл. 1.1 розділу 1. Взагалі, використання якісної оцінки моделей доречно застосовувати в контексті певної задачі, що розв'язується, а не в якості універсального критерія оцінки похибок моделей.

3. В розділі 3 недостатньо уваги приділено опису цифрової обробки сигналів і обґрунтуванню інтервалу дискретизації перетинів багатовимірних вагових та перехідних функцій.

4. Для вибору вейвлета, що забезпечує найкраще відновлення сигналу, проведено ряд числових експериментів щодо перетворення і реконструкції аперіодичних і коливальних сигналів з використанням вейвлетів *bior*, *coiflet*, *dobechi*, *haar*, *symlet* різних порядків (розділ 2.3). У роботі не достатньо обґрунтовується застосування саме цих вейвлетів.

5. У наведених практичних прикладах розділу 6 будуються інформаційні моделі не вище другого порядку. Чому не розглядаються більш високі порядки моделей? Як вплине на швидкість процесу ідентифікації обчислення багатовимірних вагових функцій більш високих порядків?

6. У розділ 4.4 наведено значну кількість рисунків, що пояснюють деталі програмної архітектури і технології реалізації інформаційної системи, які було б доцільно винести у додатки.

7. В розділі 3 зустрічаються елементи огляду.

9. Загальна оцінка дисертаційної роботи.

Дисертацію виконано на високому науковому рівні, зміст дисертації викладений логічна та грамотна, з дотриманням встановлених вимог до оформлення дисертацій.

Оцінюючи зміст і структуру дисертації Федорової Г. М. у цілому, необхідно відзначити виконані автором теоретичні розробки поставленого завдання і значну практичну спрямованість здобутих висновків.

Подана на відгук дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, в якій містяться нові наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення в області ідентифікації нелінійних динамічних систем та підтверджуються документами, які засвідчують проведення таких досліджень, а також свідчать про особистий внесок здобувача в науку та характеризуються єдністю змісту.

Обґрунтоване розкриття в роботі мети, наукової новизни, повноти викладення та достовірності результатів, наукової та практичної цінності роботи надає останній необхідних кваліфікаційних ознак наукового дослідження відповідно до вимог пп. 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження

ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167, які висуваються до дисертацій, а її автор — Федорова Ганна Миколаївна — заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри вищої та
прикладної математики
Миколаївського національного
аграрного університету,
доктор технічних наук, професор



І. П. АТАМАНЮК

Підпис д-ра техн. наук,
професора І. П. Атаманюка засвідчую

Начальник відділу кадрів МНАУ



Л. В. МАШКІНА