

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Федорової Ганни Миколаївни

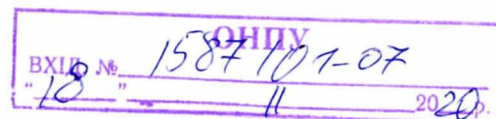
**«Метод та засоби інформаційної технології ідентифікації
непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення**

На експертизу представлено дисертаційну роботу обсягом 160 стор., яка містить 27 рисунків, 12 таблиць, список з 146 найменувань використаних джерел і додатки на 12 сторінках.

Предметом дисертаційного дослідження є моделі, метод та інформаційна технологія ідентифікації непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату (ОРА) людини.

Дисертаційна робота Федорової Ганни Миколаївни виконувалась в рамках пріоритетних напрямів науково-дослідних робіт (НДР) Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ), згідно координаційних планів МОН України, за держбюджетною НДР: «Засоби моніторингу динамічних об'єктів, засновані на застосуванні моделей у вигляді нечітких множин», № держреєстрації 0118U006825.

1. Актуальність теми дисертації. На сучасному етапі науково-технічного прогресу не викликає сумніву необхідність розвитку та впровадження нових, більш досконалих методів і засобів математичного і комп'ютерного моделювання складних об'єктів (в тому числі в біоінженерії, до яких відноситься ОРА), інформаційних технологій їх використання. Все більш нагальною стає проблема переходу до нелінійних моделей, які, на даний час, досліджено явно недостатньо. Зокрема в роботі розглядається перспективний напрям, пов'язаний з використанням нелінійних непараметричних динамічних моделей на основі



інтегродиференціальних рядів Вольтерри для універсального опису ОРА, як об'єктів невідомої структури типу «чорний ящик».

Автор звертає увагу на відсутність прикладних алгоритмів детермінованої ідентифікації ОРА з нелінійними динамічними властивостями на основі моделей Вольтерри, які б мали високу точність і достатню швидкодію; а також на недостатню розробленість відповідного програмно-алгоритмічного забезпечення задач ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів.

Вагомим добутком дисертаційної роботи є її п'ятий розділ, в якому міститься ґрунтовне експериментальне дослідження двох моделей, що визначаються на основі відліків ядер Вольтерри для ідентифікації ОРА.

З огляду на зазначені чинники тема дисертаційного дослідження Федорової Г. М. і, власне, саме дисертаційне дослідження видаються дуже важливими і актуальними.

2. Структура та короткий зміст дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 146 найменувань, і додатків.

У першому розділі наведено огляд публікацій та виконано аналіз стану методів побудови математичних моделей нелінійних динамічних об'єктів у вигляді рядів Вольтерри для розв'язання практичних задач ідентифікації ОРА. Автор показує, що напрям дослідження є справді недостатньо дослідженими та йому варто приділити увагу.

Огляд є достатньо повним і з нього логічно випливають формулювання основних завдань дослідження.

— У другому розділі запропоновано одновимірну та двовимірну непараметричні моделі ОРА людини у вигляді перехідної перехідних функцій, отримав подальший розвиток метод побудови непараметричних динамічних моделей ОРА у вигляді перехідних функцій на основі даних експериментів «вхід–вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів.

Для числового визначення моделей отримано обчислювальні алгоритми, що реалізують метод ідентифікації — експериментального визначення діагонального і піддіагональних перетинів багатовимірних ядер Вольтерри першого, другого та третього порядків.

Розглядається процедура згладжування експериментальних даних і оцінок багатовимірних вагових функцій на основі вейвлет-фільтрації для отримання стійкого до завад.

Найбільш важливий результат цього розділу полягає у подальшому розвитку методу ідентифікації моделей ОРА, що розширює клас важливих для практики проблем до задач моделювання неперервних динамічних об'єктів в умовах неповної апіорної інформації.

— У *третьому розділі* розроблено інформаційну технологію ідентифікації непараметричних динамічних моделей ОРА. Інформаційну технологію спрямовано на розв'язок задачі інформаційної оптимізації процедури ідентифікації ОРА при використанні інформаційних моделей різних порядків, дискретизації та редукції отриманих моделей при забезпеченні високої точності та швидкості процесу ідентифікації в ІС моделювання ОРА людини.

Наведено деталізовану структурну схему інформаційної технології з виділенням етапів ідентифікації, дискретизацій та редукції непараметричних динамічних моделей ОРА з поданням вхідної, вихідної інформації та моделей даних, що використовуються на кожному етапі.

— У *четвертому розділі* розроблено інструментальні програмно-апаратні засоби ідентифікації ОРА на основі моделей Вольтерри, які застосовуються при побудові інформаційної системи моделювання ОРА людини.

На основі зазначених засобів розроблено ефективні проблемно-орієнтовані інструментальні засоби інформаційної системи моделювання на основі багатовимірних перехідних функцій в якості джерела первинної інформації.

Важливою результатом цього розділу і відмінністю реалізованої інформаційної системи є прискорення процесу ідентифікації шляхом

використання хмарних технологій реалізації обчислень, що вимагають великих часових ресурсів моделювання є і.

– У п'ятому розділі розглядаються практичні питання застосування інформаційної технології ідентифікації непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату.

На основі експериментальних даних, отриманих за допомогою програмно-апаратної інформаційної системи моделювання ОРА, описаної в попередньому розділі, збудовано одновимірну та двовимірну інформаційної моделі ОРА людини, що складає найбільш важливий результат цього розділу.

У висновках сформульовані основні результати дисертаційної роботи.

У додатках представлено довідкову інформацію щодо програмно-апаратної інформаційної системи моделювання ОРА людини, список публікацій здобувача за темою дисертації, відомості про апробацію результатів дисертації, акти впровадження результатів роботи.

3. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.. Наукові результати, які одержано в дисертації, можна кваліфікувати як такі, що отримано вперше, а також які набули подальшого розвитку.

Головним науковим результатом роботи є розвиток моделей та розробка методу ідентифікації непараметричних динамічних моделей ОРА людини. В рамках головного наукового результату отримано наступне.

Розроблено новий підхід до побудови непараметричних моделей ОРА людини у вигляді перехідної та двовимірної перехідної функції. Цей підхід відрізняється від існуючих тим, що не робить ніяких припущень про структуру об'єкта дослідження і розглядає його як «чорний ящик». Так на основі експерименту «вхід-вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів будуються непараметричні динамічні моделі ОРА, які одночасно враховують нелінійні та інерційні властивості ОРА та дозволяють підвищити точність моделювання.

Отримав розвиток метод побудови непараметричних динамічних моделей ОРА «чорний ящик» у вигляді перехідної та двовимірної перехідної функцій на основі даних експериментів «вхід–вихід» з використанням тестових багатоступінчастих сигналів. Цей метод відрізняється від попереднього виділенням парціальних складових з відгуків та визначенні на їх основі багатовимірних перехідних функцій, що істотно зменшує обсяг обчислень та підвищує швидкодію моделювання.

Для стискання отриманих моделей, представлених в дискретній формі, отримав розвиток метод редукції нелінійних інерційних моделей ОРА на основі кореляційної фільтрації відліків багатовимірних вагових та перехідних функцій. Цей метод, на відміну від попередніх, дозволяє будувати моделі більшої точності за рахунок найбільш повного використання інформації зосередженої на окремих ділянках інформаційних моделей.

Здобувачем також удосконалено метод детермінованої ідентифікації ОРА у вигляді непараметричних динамічних моделей, шляхом застосування вейвлет-фільтрації для згладжування експериментальних даних і оцінок БПФ, що підвищує точність і завадостійкість результатів ідентифікації. Цей метод, на відміну від попередніх

Найважливішим фактором наукової новизни результатів дисертації, який стосується дисертації в цілому, є те що отримані результати дають нові інструменти дослідження непараметричних динамічних моделей ОРА, привертають увагу дослідників до подальшого вивчення процесів в ОРА і розв'язку існуючих проблем створення і реалізації цих моделей.

4. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Головні наукові положення, висновки і рекомендації роботи достатньою мірою обґрунтовані, оскільки базуються на аналізі сучасних та загальноновизнаних літературних джерел в області математичного моделювання та ідентифікації нелінійних динамічних систем на основі моделей Вольтерри.

Обґрунтованість отриманих теоретичних результатів дисертації також базується на коректному застосуванні методів і алгоритмів непараметричної ідентифікації на основі моделей Вольтерри; теорії функціонального аналізу (вейвлет-перетворення); теорії статистичного аналізу (кореляційний аналіз); теорії обчислювальних експериментів; засобів імітаційного моделювання.

Достовірність отриманих результатів додатково підтверджується даними числових експериментів, які повністю узгоджуються з загальновизнаними методологічними засадами і концепціями у галузі теорії та практики систем ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів.

Наведені автором результати апробації запропонованого методу ідентифікації і отриманих за його допомогою математичних моделей ОРА також підтверджують достовірність наукових результатів, пов'язаних з розробкою програмних засобів ідентифікації нелінійних динамічних об'єктів.

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

Практична значимість одержаних автором результатів підтверджується зв'язком дисертаційних досліджень з державними пріоритетними напрямками наукових досліджень, використанням у навчальному процесі кафедри комп'ютеризованих систем управління ОНПУ.

Найбільш істотне значення для науки і практики полягає у подальшому розвитку методу та інформаційної технології ідентифікації непараметричних динамічних моделей об'єктів, що розширює клас важливих для практики проблем до задач моделювання ОРА в умовах неповної апіорної інформації.

На основі зазначених алгоритмів розроблено ефективні інструментальні засоби інформаційної системи побудови непараметричних динамічних моделей на основі багатовимірних перехідних функцій. Завдяки розробленим інструментальним засобам вдалося підвищити точність побудови нелінійних інерційних моделей ОРА.

6. Повнота викладу в наукових публікаціях за темою дисертації.

Основні результати і наукові положення, висновки та рекомендації, що наведені в дисертації, повністю висвітлені в 13 наукових публікаціях, в тому числі в 7 статтях, 5 з яких опубліковані у наукових фахових виданнях України з технічних наук (у тому числі 1 робота у журналі з міжнародної наукометричної бази Scopus), 2 – у зарубіжних наукових періодичних виданнях з напрямку, з якого підготовлено дисертацію, в 6 публікацій апробаційного характеру – працях і матеріалах наукових конференцій, що вказує на достатньо високий рівень апробації результатів дисертаційної роботи.

7. Відсутність порушення академічної доброчесності. Дисертація містить результати власних досліджень здобувача. Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях не виявлено. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Інші запозичення, виявлені в роботі, є загальноновживаними і не є плагіатом.

8. Загальна оцінка дисертації

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

Роботу спрямовано на розвиток методу ідентифікації непараметричних динамічних моделей ОРА людини на основі багатовимірних вагових та перехідних функцій та його реалізації у вигляді інформаційної технології моделювання.

Подана на відгук дисертація містить винесені автором для публічного захисту наукові результати, які характеризуються спільністю цілей і підтверджують особистий внесок автора у розвиток науки. У дисертації є рекомендації щодо практичного використання здобутих автором наукових результатів.

Дисертація технічно добре оформлена і відповідає існуючим правилам. Матеріали з достатнім ступенем повноти опубліковані у 13 наукових роботах здобувача.

9. Зауваження до роботи.

1. В п. 3 висновків автор використовує термін «інформаційною оптимізацією за допомогою методів фільтрації», але не надає алгоритм такої процедури.

2. Не приділяється належної уваги нейронним мережам для ідентифікації діагностичних моделей, як одному з найбільш потужних напрямів штучного інтелекту.

3. В розділі 3 не наведено рекомендацій щодо переваг застосування кожного з запропонованих методів фільтрації відліків на основі однофакторного та багатфакторного кореляційного аналізу для відгуків ОРА на типові вхідні сигнали.

4. В розділі 3 розглядається метод згладжування експериментальних даних і оцінок багатовимірних перехідних функцій для підвищення завадостійкості ідентифікації за допомогою вейвлет-перетворень, але ефективність цього методу не підтверджена при рішенні практичних задач, які розглядаються у розділі 5.

5. В розділі 1 для визначення якості одержуваних моделей наводяться ранги оцінки їх адекватності (табл. 1.1). Незрозуміло походження цих даних: розраховувалися вони автором чи отримані з літературних джерел.

6. В розділі 5 при побудові моделі ОРА другого порядку не обґрунтовано, чому використовується тільки діагональний перетин багатовимірної перехідної функції, адже при цьому втрачається певна частина інформації про об'єкт дослідження.

Слід зазначити, що ці зауваження не знижують загального позитивного враження від роботи і, в більшості, носять характер рекомендацій на майбутнє.

Висновки

Дисертаційна робота Федорової Ганни Миколаївни «Метод та засоби інформаційної технології ідентифікації непараметричних динамічних моделей око-рухового апарату» 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 інерційних об'єктів та підтверджуються документами, які засвідчують проведення таких досліджень, а також свідчать про особистий внесок здобувача в науку та характеризуються єдністю змісту.

Виконана робота відповідає необхідним кваліфікаційним ознакам наукового дослідження відповідно до вимог п 10, 11 «Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 06.03.2019 р. № 167, а її автор Г. М. Федорова заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Завідувач кафедри радіотехніки,
телекомунікаційних і робототехнічних систем
Черкаського державного технологічного університету,
доктор технічних наук, професор

В. В. Палагін

Підпис д-ра техн. наук,
професора В.В.Палагіна засвідчую

Учений секретар ЧДТУ,
к.т.н., доцент



І.В.Миронець