

ВІДГУК

офіційного опонента - доктора технічних наук, професора,
професора кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю
Національного технічного університету України “Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського”

БЕЗВЕСІЛЬНОЇ ОЛЕНИ МИКОЛАЇВНИ

на дисертаційну роботу

ЧЕРВОТОКИ ОЛЕГА ВІКТОРОВИЧА

на тему “Інформаційно-вимірювальна технологія лабораторних випробувань на
основі інтелектуального вимірювання та когнітивної обробки результатів”

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 “Автоматизація та приладобудування”

за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”

Дисертаційна робота є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у межах якої отримано нові науково обґрунтовані результати, що у сукупності забезпечують вирішення науково-практичної задачі підвищення точності, відтворюваності та метрологічної трасованості вимірювань, а також інтегральної достовірності результатів когнітивної обробки в задачах лабораторних випробувань із забезпеченням адаптивності на всіх етапах замкненого інформаційно-вимірювального циклу. Запропоновані у дисертації метод інтелектуального вимірювання, метод когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань та удосконалена модель когнітивної реконфігурації сенсорної мережі мають практичну цінність для розвитку інформаційно-вимірювального забезпечення лабораторних випробувань, зокрема під час проєктування, реалізації та вдосконалення інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем на основі сенсорних мереж. Особливого значення одержані результати набувають в умовах переходу випробувальних лабораторій від окремих засобів вимірювальної техніки та локальної автоматизації до інтегрованих інтелектуальних і кіберфізичних інформаційно-вимірювальних середовищ, для яких важливими є точність, відтворюваність, метрологічна трасованість, достовірність, адаптивність та інтерпретованість результатів вимірювань.

Актуальність теми дисертації

Сучасний розвиток випробувальних лабораторій характеризується переходом від використання окремих засобів вимірювальної техніки та локальної автоматизації вимірювальних процесів до побудови інтегрованих інформаційно-вимірювальних середовищ, зокрема інтелектуальних і

кіберфізичних. За таких умов зростають вимоги не лише до точності вимірювань, а й до відтворюваності, метрологічної трасованості, достовірності, адаптивності та інтерпретованості результатів, що є особливо важливим для регламентованих процедур лабораторних випробувань.

Лабораторні випробування мають специфіку, яка відрізняє їх від інших сфер застосування сенсорних та інтелектуальних вимірювальних технологій. У таких процесах необхідно забезпечити узгоджену роботу сенсорної мережі, стійкість результатів до впливу метрологічного шуму та аномалій, можливість когнітивного узагальнення й інтерпретації вимірювальної інформації, а також адаптивну реконфігурацію вимірювального контуру у разі зміни умов або режимів функціонування.

Існуючі методи та інформаційно-вимірювальні системи не повною мірою забезпечують одночасне досягнення потрібного рівня точності, відтворюваності, достовірності й трасованості результатів зі збереженням адаптивності у межах єдиного замкненого інформаційно-вимірювального циклу. Саме тому розроблення інформаційно-вимірювальної технології лабораторних випробувань, яка поєднує інтелектуальне вимірювання, когнітивну обробку результатів та адаптивну реконфігурацію сенсорної мережі, є своєчасним і науково обґрунтованим.

Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням вимог наукового стилю. Виклад матеріалу є загалом граматично коректним, термінологічно виваженим і достатньо чітким для сприйняття складних положень, пов'язаних з інформаційно-вимірювальними технологіями, інтелектуальним вимірюванням, когнітивною обробкою результатів та сенсорними мережами.

Автор послідовно використовує понятійно-термінологічний апарат спеціальності 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”. Текст роботи характеризується академічною стриманістю, відсутністю публіцистичності, належною виваженістю формулювань і коректним поєднанням текстового викладу з математичними моделями, алгоритмічними описами, структурно-логічними та структурно-функціональними схемами, таблицями і графічними матеріалами.

Оцінка змісту, структури, завершеності дисертації та дотримання принципів академічної доброчесності

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Червотоки О.В. відповідає предметній сфері спеціальності 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”.

Дисертація характеризується логічною, внутрішньо узгодженою та науково обґрунтованою послідовністю викладення матеріалу. Структура роботи побудована таким чином, щоб читач послідовно проходив основні етапи дослідження – від аналізу сучасного стану, проблем і напрямів розвитку інформаційно-вимірювальних технологій лабораторних випробувань до розроблення методу інтелектуального вимірювання, методу когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань, удосконалення моделі когнітивної реконфігурації сенсорної мережі та експериментальної перевірки отриманих результатів. Такий підхід забезпечує цілісне сприйняття змісту роботи й дозволяє простежити логіку розвитку наукової ідеї.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 173 сторінки.

У вступі обґрунтовано актуальність наукового дослідження, сформульовано мету, наукові задачі, об'єкт і предмет дослідження, визначено методи дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Автором окреслено проблемне поле роботи, пов'язане з необхідністю підвищення точності, відтворюваності, метрологічної трасованості та достовірності результатів лабораторних випробувань із забезпеченням адаптивності в межах замкненого інформаційно-вимірювального циклу.

У першому розділі розглянуто сучасний стан, проблеми та напрями розвитку інформаційно-вимірювальних технологій лабораторних випробувань. Автором проаналізовано тенденції переходу від окремих засобів вимірювальної техніки та локальної автоматизації до інтегрованих інтелектуальних і кіберфізичних середовищ випробувальних лабораторій, систематизовано технологічні рішення, нормативні, метрологічні та архітектурні вимоги, а також визначено обмеження існуючих методів та інформаційно-вимірювальних систем. Наприкінці розділу обґрунтовано постановку науково-практичної задачі дослідження.

У другому розділі розроблено метод інтелектуального вимірювання в сенсорних мережах лабораторних випробувань. Розділ містить модель впливу метрологічного шуму та аномалій на результати інтелектуальних вимірювань, модель вхідних даних для дворівневого процесу інтелектуального вимірювання, формалізоване представлення методу та алгоритм його роботи. Наведені результати експериментальної та порівняльної перевірки підтверджують ефективність запропонованого методу в умовах метрологічного шуму та аномалій у межах визначених умов застосовності.

У третьому розділі запропоновано метод когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань у сенсорних мережах лабораторних випробувань. Автором сформовано модель вхідних даних для когнітивної обробки, подано формалізоване представлення методу та алгоритм його реалізації, а також розроблено модель когнітивного узагальнення й інтерпретації результатів інтелектуальних вимірювань. Важливим є те, що результати вимірювань у цьому розділі розглядаються як інформаційна основа для змістовного представлення стану сенсорної мережі та підтримки подальших рішень.

У четвертому розділі розроблено інтелектуальну інформаційно-вимірювальну систему лабораторних випробувань на основі адаптивно реконфігурованої сенсорної мережі. У розділі подано формалізовану модель адаптивної реконфігурації, структурно-функціональну організацію системи, опис її функціонування у замкненому циклі вимірювання та реконфігурації, а також результати експериментальної і порівняльної валідації. Це забезпечує системне поєднання розроблених у попередніх розділах методів у межах єдиного інформаційно-вимірювального циклу OODA.

У загальних висновках коректно сформульовано основні наукові та практичні результати роботи, які узгоджуються з поставленою метою та науковими задачами дослідження. Висновки логічно впливають зі змісту основних розділів і підтверджують завершеність дисертаційної роботи. Отримані результати утворюють цілісну сукупність взаємопов'язаних наукових положень, моделей, методів, алгоритмічних і структурно-функціональних рішень, спрямованих на підвищення точності, відтворюваності, метрологічної трасованості та достовірності результатів лабораторних випробувань.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 “Про затвердження Вимог до оформлення дисертації” та з урахуванням положень ДСТУ 3008:2015 щодо структурування й оформлення науково-технічних текстових документів. Структура роботи, подання основного тексту, ілюстративного матеріалу, таблиць, формул, списку використаних джерел і додатків загалом відповідають вимогам до оформлення кваліфікаційних наукових праць.

Дисертаційна робота відзначається належним рівнем наукової новизни, методологічною обґрунтованістю та практичною спрямованістю одержаних результатів. Зміст роботи свідчить про здатність автора до самостійного наукового пошуку, формалізації складних інформаційно-вимірювальних процесів, розроблення методів, моделей і алгоритмічних рішень, а також до їх експериментальної перевірки у задачах лабораторних випробувань. У сукупності це підтверджує завершеність дисертаційного дослідження та його відповідність заявленій меті й поставленим науковим задачам.

Дисертаційна робота містить результати власних досліджень здобувача. Використані в роботі ідеї, результати і тексти інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні джерела. За результатами аналізу змісту дисертації та наведених у ній посилань ознак порушення принципів академічної доброчесності, які могли б поставити під сумнів самостійність отриманих наукових результатів, не виявлено.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження

Основний науковий результат дисертаційної роботи полягає в розробленні інформаційно-вимірювальної технології лабораторних випробувань, яка забезпечує вирішення науково-практичної задачі підвищення точності, відтворюваності та метрологічної трасованості вимірювань, а також інтегральної достовірності результатів когнітивної обробки із забезпеченням адаптивності на всіх етапах замкненого інформаційно-вимірювального циклу. Змістовно ця технологія поєднує метод інтелектуального вимірювання, метод когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань, удосконалену модель когнітивної реконфігурації сенсорної мережі та їх системну реалізацію в інтелектуальній інформаційно-вимірювальній системі на основі адаптивно реконфігурованої сенсорної мережі.

Запропоновані в роботі наукові положення базуються на сучасних підходах системного аналізу, формалізації, математичного моделювання, прогнозування вибірок, бутстрепової агрегації, когнітивного агрегування, онтологічного та когнітивного моделювання. Використання зазначених підходів дало змогу автору сформулювати цілісне науково-методичне підґрунтя для підвищення точності, відтворюваності, метрологічної трасованості та достовірності результатів лабораторних випробувань із забезпеченням адаптивності сенсорної мережі.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження визначається такими положеннями:

1. Вперше розроблено метод інтелектуального вимірювання в сенсорних мережах лабораторних випробувань на основі формалізованого механізму локального та глобального зважування вимірювальних коефіцієнтів шляхом використання бутстрепової агрегації за рахунок прогнозування вибірок, що дозволило забезпечити стійкість інтегрального результату вимірювання до впливу метрологічного шуму та аномалій і підвищити точність та відтворюваність результатів інтелектуальних вимірювань.

2. Вперше розроблено метод когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань на основі дворівневого зважування за рахунок когнітивного агрегування, інтегрованого з онтологічною інтерпретацією

шляхом урахування метрологічних вимог, що дозволило підвищити достовірність результатів обробки.

3. Удосконалено модель когнітивної реконфігурації сенсорної мережі на основі дворівневого інтелектуального зважування вимірюваних параметрів за рахунок когнітивного управління, що дозволило підвищити точність і трасованість результатів вимірювань при забезпеченні адаптивності на всіх етапах замкненого інформаційно-вимірювального циклу OODA.

Вважаю, що сформульовані у дисертаційній роботі положення наукової новизни є обґрунтованими, взаємопов'язаними та такими, що відповідають меті й науковим задачам дослідження. У сукупності вони забезпечують вирішення науково-практичної задачі дисертації та підтверджують досягнення поставленої мети. Отримані нові наукові результати є значущими для розвитку інформаційно-вимірювальних технологій лабораторних випробувань.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання розробленої інформаційно-вимірювальної технології та її складових для проєктування та реалізації інтелектуальних інформаційно-вимірювальних систем лабораторних випробувань, інтегрованих у повний замкнений інформаційно-вимірювальний цикл OODA.

Практичні результати є такими:

1. Розроблено алгоритмічне забезпечення блоку інтелектуального вимірювання в сенсорній мережі лабораторних випробувань, який забезпечує визначення локальних і глобальних вагових коефіцієнтів, зниження впливу метрологічного шуму та аномалій.

2. Розроблено алгоритмічне забезпечення блоку когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань, який забезпечує когнітивне агрегування вимірювальної інформації, її онтологічну інтерпретацію та формування підґрунтя для прийняття рішень щодо реконфігурації сенсорної мережі.

3. Розроблено інтелектуальну інформаційно-вимірювальну систему лабораторних випробувань на основі адаптивно реконфігурованої сенсорної мережі, що забезпечує системну інтеграцію процедур інтелектуального вимірювання, когнітивної обробки, прийняття рішень і реконфігурації у межах повного замкнутого циклу OODA.

4. Реалізовано структурно-функціональні механізми інтеграції процедур інтелектуального вимірювання, когнітивної обробки, прийняття рішень і реконфігурації сенсорної мережі в інтелектуальній інформаційно-вимірювальній системі лабораторних випробувань; їх подано у вигляді структурно-функціональної схеми, що створює основу для моделювання та

подальшого впровадження таких систем у практику автоматизованих лабораторних випробувань.

Важливим підтвердженням практичного значення роботи є результати обчислювального симуляційного та натурного стендового експериментів. За результатами порівняння з аналогами досягнуто підвищення точності результатів вимірювань на 38 % і трасованості на 36 %, а натурний стендовий експеримент підтвердив працездатність системи та збереження встановлених тенденцій.

Практична цінність результатів дисертаційної роботи підтверджується актами впровадження у навчальний процес кафедри інформаційних технологій Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, а також у діяльність ТОВ “МОРОЗ TEX” для удосконалення інформаційно-вимірювального супроводу технологічних процесів.

Аналіз публікацій за результатами дослідження

За результатами виконаного дисертаційного дослідження опубліковано 10 наукових праць, з яких 3 статті – у наукових виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії “Б”, 2 публікації – у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базі даних Scopus, а також 5 наукових праць, що засвідчують апробацію результатів дисертації на наукових і науково-практичних конференціях.

Тематика опублікованих праць відповідає змісту дисертаційної роботи та охоплює основні результати дослідження, пов’язані з розробленням методу інтелектуального вимірювання, методу когнітивної обробки результатів інтелектуальних вимірювань, інтелектуальної інформаційно-вимірювальної системи лабораторних випробувань, а також із питаннями обробки, передавання та захисту вимірювальної інформації в сенсорних мережах.

Науковий рівень публікацій є достатнім і свідчить про послідовне висвітлення здобувачем основних положень, що становлять зміст дисертації. Опубліковані праці достатньо повно відображають ключові складові розробленої інформаційно-вимірювальної технології лабораторних випробувань та підтверджують апробацію результатів дослідження.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У роботі запропоновано цілісну інформаційно-вимірювальну технологію, однак доцільно було б більш чітко розмежувати функції автоматизованої обробки, інтерпретації результатів та ініціювання реконфігураційних дій із функціями оператора, що дозволило б краще визначити роль людини в замкненому інформаційно-вимірювальному циклі та підвищити зручність практичного використання системи.

2. На рисунку 1.4 (стор. 42) наведено узагальнену схему обмежень існуючих рішень та вимог до інформаційно-виміральної технології лабораторних випробувань з представленням характеру зв'язків між обмеженнями, наслідками їх прояву та вимогами до нової технології переважно на одному рівні узагальнення. Доцільно було б додатково позначити ступінь впливу окремих обмежень на точність, відтворюваність, трасованість і адаптивність системи.

3. У таблиці 2.1 (стор. 68) наведено порівняльні значення метрик MAE та STD MAE для розробленого методу і аналогів. Доцільно було б додатково зазначити, чи подані значення є безрозмірними після нормування, чи відповідають певній шкалі модельованої виміральної величини, що полегшило б інтерпретацію порівняльного ефекту.

4. Інтегральний показник достовірності у формулі (3.42) на стор. 100 побудовано як рівноважне поєднання трьох складових: MAE, CI95 та AF з відповідним обґрунтуванням. Водночас доцільно було б додатково навести короткий аналіз чутливості інтегрального показника до зміни вагових коефіцієнтів для різних сценаріїв лабораторних випробувань.

5. Табличне представлення переходів F-системи у таблиці 4.1 (стор. 120) та граф переходів на рисунку 4.3 (стор. 121) загалом коректно відображають логіку функціонування інтелектуальної інформаційно-виміральної системи у циклі OODA. Водночас доцільно було б додати коротке пояснення щодо способу читання переходів між станами, вхідними та вихідними потоками, оскільки одночасне використання позначень z , x та y може ускладнювати сприйняття логіки переходів без додаткового коментаря.

6. У формулі (4.16) на стор. 126 метрика точності Acc визначається через величину, обернену до абсолютної похибки. Водночас доцільно було б уточнити, яким чином у практичних розрахунках запобігається різкому зростанню значення метрики у випадку нульової або дуже малої похибки, зокрема за рахунок використання стабілізуювального доданка або меж нормування для Acc .

Незважаючи на це, вважаю, що висловлені зауваження не мають принципового характеру, не знижують загальної наукової новизни та практичної значущості одержаних результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Дисертаційна робота Червотоки Олега Вікторовича є завершеною науковою працею, виконаною автором самостійно, не порушує принципів академічної доброчесності та вирішує важливу науково-практичну задачу, що

має істотне значення для галузі знань 15 “Автоматизація та приладобудування”. За актуальністю, рівнем наукової новизни, обґрунтованістю та достовірністю одержаних результатів, їх практичним значенням, повнотою опублікування основних положень, а також якістю структурного та змістового оформлення дисертація заслуговує на позитивну оцінку.

Вважаю, що дисертаційна робота Червотоки Олега Вікторовича на тему “Інформаційно-вимірювальна технологія лабораторних випробувань на основі інтелектуального вимірювання та когнітивної обробки результатів” відповідає вимогам 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 12.01.2022 р. № 44, а також Вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом МОН України від 12.01.2017 р. № 40, а здобувач Червотока Олег Вікторович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка”.

Офіційний опонент:

Професор кафедри автоматизації та систем неруйнівного контролю Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, доктор технічних наук, професор



/ _____ / Олена БЕЗВЕСІЛЬНА

М.П.

“ 21 ”

08

2026 року

