

ВІДГУК

Офіційного опонента

Захарова Ігоря Петровича

на дисертаційну роботу Григоренко Ігоря Володимировича
«Багатопараметричний контроль якості функціонування інформаційно-
вимірювальних систем різного призначення з урахуванням факторних
впливів», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних
наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення
складу речовини

Актуальність теми

Дисертаційна робота Григоренко Ігоря Володимировича присвячена науково-практичній проблемі підвищення вірогідності методів багатопараметричного контролю якості функціонування ІВС різного призначення.

Актуальність теми дисертації Григоренко Ігоря Володимировича є значущою у контексті сучасних завдань виробництва і наукових досліджень, що потребують отримання, обробки, відображення та зберігання великих обсягів вимірювальної інформації, яка характеризується великою кількістю параметрів, що змінюються у часі. Це потребує створення інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) різного призначення, наявність яких вимагає контролю їх якості шляхом визначення та урахування факторного впливу на результат їх вимірювань показників контролю.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій у дисертації Григоренко Ігоря Володимировича базується на комплексному підході до дослідження. Використання методів математичного моделювання, зокрема в статистичному аналізі і обробці даних, дозволяє точно оцінити вплив різних параметрів на функціонування ІВС систем різного призначення.

У дослідженні використовувалися тестові методи, методи статистичного аналізу, апарату нечіткої логіки для забезпечення максимально високої достовірності отриманих результатів і як наслідок – підтримки встановлених у стандартах норм на вихідні параметри кінцевого продукту.

Загалом, дисертація здобувача характеризується глибоким і всебічним підходом до аналізу проблеми, що підтверджується відповідними експериментальними даними та їхнім аналізом.

Достовірність результатів досліджень.

Результати дослідження були підтвержені аналізом великого обсягу даних, зібраних в ході експериментів, що забезпечує надійність та відтворюваність висновків.

Крім того, здобувачем було впроваджено чіткі процедури для визначення статистичних висновків, що гарантує об'єктивність результатів. Ці процедури включали в себе перевірку гіпотез, регресійний аналіз та оцінку довірчих інтервалів. Такий підхід дозволив здобувачу оцінити вплив випадкових та систематичних помилок на результати вимірювань та вивести обґрунтовані висновки.

У сукупності ці методи та підходи забезпечують високу достовірність результатів дослідження, представлених у дисертації здобувача.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

Основні отримані результати виконаної роботи:

– отримав подальший розвиток метод інформаційного аналізу комплексу факторів які впливають на якість роботи ІВС, завдяки поєднанню тестових методів, методів статистичного аналізу результатів вимірювань, апарату нечіткої логіки, що дозволив сформуванати систему показників в умовах невизначеності відтворення рівнів параметру контролю (сумарна відносна похибка вихідного сигналу ВК);

– вперше розроблено узагальнений метод контролю якості

функціонування ІВС різного призначення який полягає в побудові моделі процесу контролю параметрів технологічних процесів у вигляді комплексного використання адитивних та мультиплікативних тестових впливів, математичної моделі, статистичного аналізу результатів, алгоритму нечіткої логіки, що дозволив виділити основні джерела факторного впливу, критичні етапи технологій виробництва з метою підвищення вірогідності контролю параметрів технологічних процесів;

– вперше розроблено модель перехресної класифікації, яка врахувала ефекти одночасної взаємодії п'яти факторів (нестабільність аналогової частини вимірювального каналу, вплив електромагнітних перешкод, похибка цифрового перетворення сигналу, шуми пристрою комутації сигналів, відхилення від встановленого температурного режиму роботи) на результат вимірювання одиничного показника контролю (сумарну відносну похибку каналу вимірювання ІВС), впровадження якої дало можливість встановити рівень факторного впливу параметрів контролю на показник контролю, оцінити кількість очікуваної вимірювальної інформації за показниками контролю та ранжувати показники за зменшенням кількості інформації;

– вперше розроблено метод підвищення точності та вірогідності лазерних систем шляхом використання тестових методів контролю із подальшою корекцією функцій перетворення, завдяки якому вдалося зменшити динамічну похибку вимірювання та підвищити вірогідність контролю.

– вперше розроблено реляційно-різницеву модель оператора динамічної корекції похибки лазерної системи контролю, яка надала можливість введення поправок на динамічну похибку вимірювання, які отримують із номінальної динамічної моделі вимірювального перетворювача для виміряного значення швидкості зміни вхідного сигналу, що підвищило точність вимірювань контролю;

– вдосконалено базовий алгоритм розрахунку невизначеностей результатів вимірювань, що отримані за допомогою ІВС різного

призначення, за рахунок введення обов'язкової перевірки на наявність кореляції між показниками контролю, завдяки якому стає можливим проводити розрахунки для визначення сумарної та розширеної невизначеності для корельованих та некорельованих даних.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична значущість результатів дослідження в галузі інформаційно-вимірювальних технологій: розроблена модель перехресних класифікацій, яка врахувала ефекти одночасної взаємодії п'яти факторів на результат вимірювання одиничного показника контролю за для подальшого визначення кількості інформації за кожним із показників контролю при факторному впливі із подальшим їх ранжируванням за рівнями значущості; розроблено пристрій для контролю лазерної системи виміру геометричних розмірів та якості поверхні деталей, що дає можливість підвищити точність та вірогідність виміру геометричних розмірів та якості поверхні деталей без зупинки технологічного процесу; розроблено евристичні аналізатори на підставі нечіткої логіки для визначення впливу параметрів технологічного процесу на якість готової продукції; розроблено базовий алгоритм розрахунку невизначеностей результатів вимірювань, що отримані за допомогою ІВС різного призначення і на підставі алгоритму розроблено програмний продукт на мові JavaScript, завдяки якому стає можливим проводити розрахунки для визначення сумарної та розширеної невизначеності для корельованих та некорельованих даних.

Основні результати роботи впроваджені в діяльності АТ «Українські енергетичні машини» (м. Харків, акт від 18.04.2024 р.), на ТОВ «Екопродукт 2017» (м. Харків, акт від 30.05.2024 р.), на ТОВ «Управління виробничо-технічної комплектації та реалізації» (м. Харків, акт від 24.05.2024 р.). На кафедрі ІВТС НТУ «ХП» результати роботи впроваджені, в навчальний процес, де використовуються під час читання лекцій, проведення практичних занять з курсів: «Інформаційно-вимірювальні системи» загальним обсягом

180 год. (6 кредитів) та «Вступ в теорію систем» загальним обсягом 120 год. (3 кредити) (акт від 11.06.2024 р.).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Відображено у 73 наукових публікаціях, з них: 37 статей у періодичних виданнях, з яких 10 у виданнях, внесених до наукометричних баз SCOPUS та/або Web of Science, 26 статей в наукових фахових виданнях України категорії Б, 1 стаття у закордонному періодичному виданні, 34 у матеріалах апробаційного характеру, 2 патенти України на корисну модель.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 390 сторінок; з них 103 рисунка за текстом; 8 рисунків на 6 окремих сторінках; 29 таблиць за текстом; 17 таблиць на 17 окремих сторінках, список використаних джерел з 170 найменувань на 21 сторінці, 7 додатків на 69 сторінках.

У вступі дисертації обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету, завдання, об'єкт, предмет, розкрито наукову новизну, практичну значущість одержаних результатів, визначено особистий внесок автора, наведено дані стосовно апробації та впровадження в практику результатів дослідження, представлені етапи дослідження, надано кількість публікацій за темою роботи. Оцінка змісту дисертаційної роботи виконана відповідно до наступних аспектів:

Розділ 1. У першому розділі здійснено детальний огляд наукових праць та літератури, що стосуються теми дослідження. Аналіз наукових джерел дає можливість визначити ключові тенденції та прогалини в області, що досліджується, та формулює теоретичну базу для подальших експериментів.

Розділ 2. Запропоновано метод контролю якості функціонування ІВС різного призначення. У розділі наведено обґрунтування доцільності

використання дисперсійного аналізу для побудови моделі факторного впливу на якість роботи ІВС та розроблено математичну модель впливу п'яти факторів на результат виміру показника контролю (сумарну відносну похибку каналу вимірювання ІВС). Отримані формули дисперсійного аналізу, що дозволяють оцінювати вірогідності статистичних висновків про інформаційну значущість показників контролю для розробленої спрощеної моделі перехресної класифікації. На підставі коваріаційного аналізу отримані аналітичні співвідношення, які дозволяють оцінити кількість інформації за кожним із показників контролю при факторному впливі на лінійну функцію перетворення цих показників. Розроблено моделі дискримінантного аналізу для оцінювання кількості інформації за ймовірностями помилок першого та другого роду, а також встановлені аналітичні залежності, що дозволяють ранжувати показники контролю за зменшенням їх чутливості до зміни рівнів параметра контролю.

Розділ 3. Присвячений обґрунтуванню доцільності використання комбінації методів статистичного аналізу для контролю якості роботи ІВС на трьох прикладах систем, а саме: системи зважування автотранспорту, установки комплексної підготовки газу та штучної екосистеми. Виконано перевірку гіпотези про відсутність порушення стабільності роботи датчиків вказаних систем за допомогою однофакторного дисперсійного аналізу (рівності середніх значень), лінійного регресійного аналізу (на відсутність впливу часу на величину показника за кожній із вибірок) та коваріаційного аналізу (відсутність розходжень у функціональному впливі часу на величину показника). Зроблено висновки про необхідність використання комбінації методів статистичного аналізу для контролю якості роботи обладнання ІВС різного призначення.

Розділ 4. Описує розроблений пристрій для контролю лазерної системи виміру геометричних розмірів та якості поверхні деталей та варіант підвищення точності лазерних систем шляхом використання тестових методів контролю із подальшою корекцією функцій перетворення.

Розроблено реляційно-різницеву модель оператора динамічної корекції похибки лазерної системи контролю. Проведено аналіз факторного впливу на роботу лазерної системи контролю якості поверхні деталей, завдяки якому виділені основні фактори, що впливають на точність роботи системи. Запропоновано комп'ютерну модель системи контролю на якій виконано моделювання дії факторного впливу на точність лазерної системи контролю завдяки якій отримано значення довірчими границями похибки вимірювань, що дозволило виключити випадкову похибку із результатів вимірювань. Експериментально доведено, що використання пристрою для контролю лазерної системи виміру геометричних розмірів та якості поверхні деталей підвищило вірогідність контролю. Зроблено висновки про необхідність провадження періодичного тестування лазерних систем безпосередньо в процесі експлуатації та доцільність використання при обробці результатів реляційно-різницевої моделі операторів корекції похибок вимірювань.

Розділ 5. Наведено результати використання алгоритмів нечіткої логіки для оцінювання якості роботи ІВС різного призначення на підставі визначення основних факторів, що мають найбільший вплив на якість готової продукції. За допомогою графічного інтерфейсу користувача системи fuzzy logic визначено конкретні рівні параметрів технологічного процесу для якісного виробництва карамелі, питного молока, крабових паличок, кефіру, вареної ковбаси, а також рівні параметрів для підтримки високої якості води у акваріумі штучної екосистеми. Експериментально доведено, що використання розробленої ІВС технологічного процесу виготовлення вареної ковбаси підвищило вірогідність контролю параметрів технологічного процесу. У висновках доведено доцільність використання евристичного аналізатора системи fuzzy logic для вирішення науково-прикладних задач, що ставляться перед інформаційно-вимірювальними системами на прикладах ІВС різного призначення.

Розділ 6. Пропонує базовий алгоритм оцінювання невизначеностей результатів вимірювань, що отримані за допомогою ІВС різного призначення

і на підставі алгоритму розроблено програмний продукт на мові JavaScript, завдяки якому стає можливим проводити розрахунки для визначення сумарної та розширеної невизначеності для корельованих та некорельованих даних. На трьох прикладах використання ІВС, а саме: контроль процесу виготовлення губної помади, тепловий контроль біологічних об'єктів, процес виготовлення карамельного сиропу, проведено кореляційний аналіз при оцінюванні невизначеності впливу зовнішніх факторів на вказані процеси. Зроблено висновки про необхідність врахування кореляції при аналізі невизначеності результатів вимірювань.

Висновки. Наведено основні результати дисертаційної роботи при розв'язанні поставлених завдань.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1) Перелік умовних позначень та скорочень, наведений в роботі доцільно, обмежується абрєвіатурами словосполучень, які використовуються в дисертації. Відсутність в ньому позначень величин, які використовуються у математичних виразах дисертації ускладнює розуміння суті наведеної в ній інформації.

2) В першому розділі при розгляді класифікації ІВС відсутні відповідні схеми, які б підвищували би наочність наведеної інформації.

3) У висновках до другого та третього розділів дисертації відсутні числові показники, які підтверджують досягнуті результати.

4) В матеріалах третього розділу зустрічаються плутанини між поняттями «дисперсія» та «стандартне квадратичне відхилення», а також між поняттями «коефіцієнт кореляції» та «коефіцієнт детермінації», що призводять до окремих непорозумінь у викладеному матеріалі.

5) На деяких епюрах четвертого розділу відсутні одиниці вимірювань та числові шкали на осях.

6) В четвертому розділі не наводяться порівняльні метрологічні характеристики лазерних систем контролю геометричних розмірів та якості поверхні до і після підвищення їх точності. Крім того, дисертант не пояснює, що він розуміє під поняттям «якість поверхні», якими параметрами вона характеризується та яким чином підвищується точність оцінювання цієї якості.

7) В п'ятому розділі, який описує можливості використання алгоритмів нечіткої логіки для досягнення найвищої якості харчової продукції, не зрозуміло:

- як кількісно виражається якість,
- що є еталоном якості для певної харчової продукції та хто його визначає;
- хто вирішує, що якість продукції досягла найвищого значення.

8) В роботі зустрічаються орфографічні та друкарські помилки, недоліки комп'ютерної верстки, русизми та неправильності під час перекладання застосованої термінології.

Ці зауваження не зменшують загальної цінності дисертації, але вказують на потенційні напрямки для подальшого поглиблення дослідження.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Григоренко Ігоря Володимировича «Багатопараметричний контроль якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням факторних впливів» за своїм змістом відповідає спеціальності 05.11.13 – прилади і

методи контролю та визначення складу речовин. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу наукову проблему, яка полягає в підвищенні вірогідності методів багатопараметричного контролю якості функціонування ІВС різного призначення.

Дисертація «Багатопараметричний контроль якості функціонування інформаційно-вимірювальних систем різного призначення з урахуванням факторних впливів» Григоренко І.В. виконана із дотриманням принципів академічної доброчесності. Дисертаційна робота відповідає вимогам п.п. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 року №1197, а здобувач Григоренко Ігор Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Офіційний опонент

Завідувач кафедри

інформаційно-вимірювальних технологій

Харківського національного університету

радіоелектроніки, д.т.н., професор

25.11.2024

Ігор ЗАХАРОВ

завідувача кафедри І.В.Т

ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ:

Ігор Начальник відділу кадрів
ав. листопада 2024



Підпис зав. каф. ІВТ Ігоря Захарова

засвідчую

Проректор

