

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора,

Середюка Ореста Євгеновича

на дисертаційну роботу

Федишин Тетяни Ігорівни

“Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів”,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 “Автоматизація та приладобудування”

за спеціальністю 152 “Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка”

Актуальність теми дисертації

Правильне ведення будь-якого виробництва, в тому числі агровиробництва вимагає коректних управлінських рішень, які мають формуватись системно з використанням сучасного інструментарію кібер-фізичних систем. Вимірвальна інформація, отримана на основі сенсорних блоків, забезпечує об'єктивність подальших кроків аграрія. Наявність мобільного застосунку, який надає рекомендації для всіх етапів догляду за ґрунтами під час вирощування агропродукції та прогнозує подальшу діяльність агровиробника є незамінним помічником під час моніторингу сільськогосподарських угідь. Крім цього ще одним застосуванням кібер-фізичних систем моніторингу в сучасних умовах є контроль ґрунтів, як об'єктів довкілля в зоні розташування об'єктів критичної (наприклад, енергетичної) інфраструктури. Отже, розвиток нового покоління інформаційно-вимірвальних систем є вкрай потрібним і актуальним у всіх стратегічних галузях економіки, особливо в агросекторі.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри «Інформаційно-вимірвальні технології» Національного університету «Львівська політехніка»: теоретичні та прикладні основи метрології і вимірювань в інформаційних технологіях (інформаційно-вимірвальних, кібер-фізичних, робототехнічних та інших системах); тестування якості продукції і програмного забезпечення. Дисертаційна робота виконана аспіранткою очної форми навчання в межах виконання нею низки науково-дослідних робіт, а саме : «Розвиток нормативно-

технічного забезпечення системи органічного виробництва» (реєстраційний № 0116U006724); «Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів» (реєстраційний № 0121U112541).

Наукова новизна отриманих результатів полягає у подальшому розвитку та вдосконаленні метрологічного забезпечення у сфері моніторингу ґрунтів.

У дисертаційній роботі отримано такі наукові результати:

Вирішується важлива науково-практична задача підвищення точності та надійності визначення стану ґрунтів шляхом впровадження методичного, метрологічного, інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому представляє собою кібер-фізичну систему моніторингу.

Запропоновано метод автоматизованого визначення стану ґрунтів, який полягає у контактному вимірюванні основних показників ґрунту та враховує вплив факторів зовнішнього середовища на ці показники і застосовує дистанційне опитування сенсорів та формування результатів обробки вимірювальних сигналів, що підвищує адекватність та оперативність оцінювання стану ґрунтів агропромислового призначення.

Розроблена прогнозна модель зміни стану ґрунтів на основі використання нейромереж та хмарних технологій, що дасть можливість формувати управлінські рішення щодо здійснення сільськогосподарських робіт та підвищить ефективність прогнозування врожаю зернових культур.

На основі результатів досліджень технологій точного землеробства, що спрямовані на використання даних моніторингу, через які можна ефективніше впливати на процеси агровиробництва, оптимізовано технологію вирощування зернової продукції. Доведено, що вдосконалення процесу моніторингу ґрунтів шляхом створення кібер-фізичних систем, призводить до підвищення якості вирощування агрокультур.

Набули подальшого розвитку методи ідентифікації та оцінки ризиків функціонування кібер-фізичних систем моніторингу шляхом врахування ризиків інформаційного та метрологічного характеру, оскільки КФС– це інформаційно-вимірювальна система, що в кінцевому результаті дасть змогу підвищити ефективність функціонування КФС.

Практичне значення одержаних результатів

Результати досліджень можна використати для оперативного проведення тестів у відкритому ґрунті та миттєво реагувати на зміну його важливих параметрів, а у поєднанні з прогнозуванням на основі нейронної мережі, допомогти користувачеві прийняти правильні управлінські рішення щодо стабілізації і поліпшення якості врожаю. Розроблено мобільний застосунок, який стане незамінним у вирішенні проблем контролю виробництва зернових культур. При встановленні мобільної версії програми на смартфоні чи планшеті користувачі (власники малих господарств) зможуть контролювати всі процеси виробництва зернових культур та отримувати поради на кожному з етапів виробництва.

Оцінка змісту дисертації та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота є цілісною, завершеною та самостійно виконаною науковою працею, яка містить особистий внесок здобувача, має теоретичну цінність і практичну значущість для розвитку сучасної науки за спрямуванням інформаційно-вимірювальних технологій.

Ознайомившись зі звітом подібності за результатами перевірки дисертації на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Т. Федишин є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень, що відповідає принципам академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела, яке подано з дотриманням норм законодавства про авторське право.

Мова та стиль викладення результатів

Текст дисертаційної роботи викладено українською мовою. Стиль викладення матеріалів дослідження відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць такого рівня, вирізняється науковістю, системністю, обґрунтованістю, логічністю та послідовністю.

Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг основного тексту

складає 205 сторінок, 43 рисунки, 42 таблиці, список використаних джерел з 104 найменувань на 13 сторінках, додатки на 11 сторінках.

У *вступі* розкрито актуальність теми дослідження, визначено мету, завдання, предмет та об'єкт дослідження, методичне підґрунтя та наукову новизну отриманих результатів, охарактеризовано практичне та теоретичне значення, а також вказано особистий внесок здобувача та наявність апробації результатів дослідження.

В *першому* розділі роботи наведено огляд сучасних методів дистанційного моніторингу стану ґрунтів, аналіз впливних факторів на параметри ґрунтів, а також характеристики сучасного інструментарію для моніторингу. Автор висвітлює концепцію інтернету речей у системах моніторингу, що є новаторським підходом для агросектору.

Другий розділ присвячений розробці концепції апаратного та програмного забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів. Автор досліджує потенціал кібер-фізичних систем у агросекторі, описує структуру системи відповідно до етапів вирощування агрокультур, та надає детальну характеристику апаратного та програмного забезпечення.

У *третьому* розділі роботи розглянуто методики калібрування сенсорів для вимірювання температури та вологості ґрунту, верифікацію підсистеми збору вимірювальної інформації, та дослідження непевності вимірювання різних параметрів ґрунту. Цей розділ містить детальний аналіз метрологічних ризиків функціонування системи.

Четвертий розділ присвячено прикладним аспектам функціонування кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів. Автор побудував прогнозу модель зміни стану ґрунтів, використовуючи нейромережі та хмарні технології, та оцінює надійність результатів вимірювань.

У *додатках* розміщено роздрук програм, детальний код нейронної мережі, довідка про впровадження результатів дисертації.

Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях

Основні результати дослідження опубліковано у 12 наукових працях, з них: 1 стаття у науковому періодичному виданні інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus; 1 розділ у закордонній колективній

монографії в Open Space; 3 статті - у наукових періодичних фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз, та 7 тез доповідей.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційної роботи

1. Не цілком правильно сформульований об'єкт дослідження, адже це повинен бути процес, а не розроблення.
2. Чому формулювання наукової новизни стосується тільки розвитку метрологічного забезпечення, хоча в роботі розглядається також система моніторингу?
3. Чи може бути за результатами виконаних досліджень сформульований комплексний показник якості ґрунтів на базі принципів кваліметрії?
4. В роботі відсутній аналіз відомих аналогічних вітчизняних кібер-фізичних систем у природодослідженні. Чи можна вважати роботу піонерською?
5. В роботі недостатньо виражений зв'язок між впливовими факторами і параметрами моніторингу ґрунтів, наприклад, не розкрито вплив фактора обробітку ґрунту на основні параметри оперативного моніторингу ґрунтів.
6. Недостатньо розкриті алгоритми функціонального розроблення кібер-фізичних систем щодо прийняття рішень щодо використання ґрунтів, наприклад про висівання чи збирання урожаю.
7. Недостатньо обґрунтовано, чому для оцінювання щільності ґрунту використано параметр провідності ґрунту і не пояснено його розмірність.
8. Яка методика формування вхідних даних для тренування нейронної мережі і чи вона відображає особливості для точного прогнозування та прийняття рішень на прикладі вирощування зерна пшениці
9. У тексті дисертації використовуються нестандартизовані терміни, наприклад «непевність вимірювань» замість «невизначеність», «верифікація» замість «повідка», «метрологічне забезпечення» замість «єдність вимірювань».
10. Не зовсім зрозуміло, як ризики, описані у п.2.1.2, є пов'язані з ризиками, оціненими у п.3.4 і 3.5.
11. У третьому розділі наведено багато розрахункової інформації, а також протоколи калібрування, які доцільно винести у додатки.

12. У дисертації відсутні результати апробації розробленої кібер-фізичної системи в польових умовах, наявність яких є доцільною для підтвердження її ефективності у реальних умовах.

Проте висловлені зауваження не є принциповими і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Федишин Тетяни Ігорівни на здобуття ступеня доктора філософії на тему "Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів" є завершеним самостійно виконаним науковим дослідженням.

Отримані наукові положення та практичні результати є значущими для галузі «Автоматизація та приладобудування» загалом та метрології і інформаційно-вимірювальної техніки зокрема. Тема, зміст дисертації та отримані наукові результати відповідають предметній області спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень та рекомендацій, викладених у роботі, новизну та практичну цінність, повноту викладення матеріалів у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6-9 «Про затвердження 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 січня 2022 р. № 44, а її автор Федишин Тетяна Ігорівна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний опонент:
виконувач обов'язків завідувача кафедри
інформаційно-вимірювальних технологій
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу
д.т.н., проф.

Орест СЕРЕДЮК

Підпис(и)	Ореста СЕРЕДЮКА
посвідчую	
Учений секретар ІФНТУНГ	В. Прокоп
27» 06	2024 р.

