

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора,  
професора кафедри інформаційно-вимірювальних технологій  
Національного університету «Львівська політехніка»

**Байцара Романа Івановича**

на дисертацію

Федишин Тетяни Ігорівни

на тему “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-вимірювальна техніка”

### **1. Актуальність теми дисертації**

Ефективність управління будь-яким виробництвом, включаючи агровиробництво, потребує точних і обґрунтованих рішень, які слід приймати системно, використовуючи сучасні інструменти кібер-фізичних систем. Дані, отримані за допомогою сенсорних блоків, забезпечують об'єктивність подальших дій аграрія. Мобільний застосунок, який надає рекомендації на всіх етапах догляду за ґрунтами під час вирощування агропродукції та прогнозує подальшу діяльність агровиробника, є незамінним інструментом для моніторингу сільськогосподарських угідь. Крім того, кібер-фізичні системи моніторингу можуть ефективно контролювати стан ґрунтів, зокрема у зонах розташування об'єктів критичної інфраструктури, таких як енергетичні комплекси. Необхідність розвитку і впровадження сучасних технологій інформаційного моніторингу є відповіддю на виклики сучасності, зокрема на зміни клімату та зростаючі вимоги до якості продукції. Інтеграція кібер-фізичних систем дозволить підвищити продуктивність аграрного виробництва, знизити вплив шкідливих екологічних чинників та забезпечити стабільний розвиток сільськогосподарської галузі. Врахування усіх аспектів, включаючи застосування інноваційних технологій у керуванні агропромисловим комплексом, є критичним для забезпечення довгострокової стійкості економічного розвитку регіонів та країни в цілому.

### **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, висновки та запропоновані у дисертації ідеї є науково, теоретично та експериментально обґрунтованими.

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри

«Інформаційно-вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка»: теоретичні та прикладні основи метрології і вимірювань в інформаційних технологіях (інформаційно-вимірювальних, 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).

Дисертація Федішин Т.І. 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 налічує 104 найменування на 13 сторінках, додатки подано 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.

У першому розділі роботи наведено огляд сучасних методів дистанційного моніторингу стану ґрунтів, аналіз факторів впливу 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 кіберфізичної системи моніторингу ґрунтів. Автор побудував прогнозну модель зміни стану ґрунтів, використовуючи нейромережі та хмарні технології, і оцінює надійність результатів вимірювань.

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

Висновки за результатами виконання дисертації підтверджують наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Список використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертація є завершеною науковою працею, а її оформлення відповідає встановленим вимогам МОН України.

### **3. Наукова новизна результатів досліджень**

Основні наукові положення, висновки та пропозиції, висунуті здобувачем характеризуються науковою новизною та є індивідуальним внеском дисертанта.

Нижче наведено основні наукові результати рецензованих досліджень дисертанта:

- 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 агропромисловництва, 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 (КФС) моніторингу шляхом врахування ризиків інформаційного та метрологічного характеру, оскільки КФС – це інформаційно-вимірювальна система, що в кінцевому результаті дасть змогу підвищити ефективність її функціонування.

#### **4. Значущість результатів дослідження для науки і практики**

Значущість отриманих автором результатів полягає у подальшому розвитку та вдосконаленні метрологічного забезпечення у сфері моніторингу ґрунтів.

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.

#### **5. 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.

#### **6. Мова та стиль дисертаційної роботи**

Дисертація написана зрозуміло, доступно, на належному технічному рівні з використанням сучасною термінології.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка», галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».



## **7. Дискусійні положення та зауваження до дисертації**

Оцінюючи в цілому позитивно дисертаційну роботу, її високий науковий рівень, слід відзначити наявність окремих недоліків:

1. В дисертаційній роботі необхідно було б розширити аналіз сучасних літературних джерел, що висвітлюють останні досягнення у сфері кібер-фізичних систем.
2. Здобувачкою запропоновано класифікаційні ознаки та здійснено класифікацію кібер-фізичних систем та ризиків, пов'язаних з їх функціонуванням а також визначення терміну «кібер-фізична система», що можна вважати елементами наукового доробку. Тож доцільно було б долучити ці положення до наукової новизни роботи з подальшим введенням їх в національну нормативну базу.
3. У таблицях 3.7, 3.9, 3.11, 3.13, 3.15, 3.17, 3.19 відсутні назви, хоча перед кожною з них є пояснення, що за інформація в них подана.
4. У дисертації присутнє дублювання формул у третьому розділі, а саме: формули для розрахунку стандартної непевності, непевності типу В, розширеної непевності, які використовуються для оцінювання результатів вимірювань різних параметрів ґрунту кібер-фізичної системи.
5. Зустрічаються описки, граматичні помилки, пропущені розділові знаки.

Наведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових положень та висновків дисертації і не знижують її наукової та практичної цінності.

## **8. Загальний висновок**

Дисертація Федішин Тетяни Ігорівни на тему "Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів" є завершеним самостійно виконаним науковим дослідженням, що стосується вирішення важливого наукового завдання – інтелектуалізації сучасних інформаційно-вимірювальних систем шляхом розроблення незалежного їх метрологічного забезпечення та інтеграції з системами та архітектурними рівнями ІоТ.

Отримані наукові положення та практичні результати є значущими для галузі «Автоматика 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 висновків, 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 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення 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 Федішин Тетяна Ігорівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка».

Рецензент

Доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри інформаційно-  
вимірвальних технологій  
Національного університету  
«Львівська політехніка»



Роман БАЙЦАР

Підпис д.т.н., професора Романа БАЙЦАРА  
«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету  
«Львівська політехніка»



Роман БРИЛИНСЬКИЙ