



ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор

НТУ «Дніпровська політехніка»

Артем ПАВЛИЧЕНКО

2025 р.

ВИСНОВОК

Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації **Кремньова Володимира Володимировича** на тему: «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Витяг

з протоколу № 6 засідання кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем від «24» грудня 2025 року

Присутні: поновуючий на засіданні д.т.н., проф., проф. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Мороз Б.І.; д.т.н., проф., завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Алексєєв М.О.; д.т.н., проф., проф. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Мещеряков Л.І.; д.т.н., проф., проф. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Швачич Г.Г.; д.т.н., проф., проф. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Лактіонов І.С.; д.т.н., доц., проф. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Бердник М.Г.; к.т.н., доц., деканка факультету інформаційних технологій Удовик І.М.; к.т.н., доц., завідувач кафедри системного аналізу та управління Желдак Т.А.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Ширін А.Л.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Кабак Л.В.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Спірінцев В.В.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Приходченко С.Д.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Горбова О.В.; к.т.н., доц., доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Клименко А.В.; PhD, доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Мартиненко А.А.; PhD, доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Мороз Д.М.; PhD, доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Шевцова О.С.; PhD, доц. кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Голінько О.В.; асистент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних

систем Щербина П.О.; асистент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Харь А.Т.; асистент кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Рулікова В.В.

Серед присутніх 6 докторів технічних наук, 8 кандидатів технічних наук і 4 доктори філософії – *фахівці зі спеціальності, з якої виконувалась дисертація та за напрямком досліджень здобувача.*

Порядок денний:

Обговорення дисертаційного дослідження здобувача кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Кремньова Володимира Володимировича на тему: «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур», поданого на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем НТУ «Дніпровська політехніка» Алексєєв Михайло Олександрович.

Дисертація виконувалась на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем НТУ «Дніпровська політехніка» з урахуванням наукових напрямків роботи кафедри та сучасних досягнень у галузі створення й дослідження прикладних комп'ютерних технологій.

Теоретико-прикладні результати одержано, зокрема під час виконання науково-дослідної роботи молодих учених, що фінансована МОН України «Розвиток програмно-апаратного забезпечення інтелектуальних технологій для сталого вирощування сільськогосподарських культур у воєнний та повоєнний час (№ державної реєстрації 0124U000289)».

Тема дисертації затверджена на засіданні Вченої ради НТУ «Дніпровська політехніка» (протокол № 11 від 29.11.2022 р., зі змінами протокол № 7 від 20.05.2024).

Виступили:

Здобувач Кремньов В.В. представив презентацію з основними положеннями дисертації «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

(Здобувач викладає основні положення своєї дисертаційної роботи акцентуючи увагу на актуальності теми дослідження, меті, предметі, об'єкті, завданнях, науковій новизні та отриманих результатах дослідження).

Після закінчення доповіді Кремньовим В.В. присутніми на засіданні фахівцями були поставлені такі запитання:

Д.т.н., проф. Мещеряков Л.І.: В доповіді було сказано про оптимізацію. Скажіть, будь ласка, який критерій оптимізації використано в розробленому Вами методі?

Здобувач Кременьов В.В.: В якості критерію оптимізації використано мінімум відхилення поточної вологості ґрунту від цільового рівня.

Д.т.н., проф. Мещеряков Л.І.: Який інструментарій використовувався Вами для розв'язання задачі нелінійної оптимізації?

Здобувач Кременьов В.В.: Для реалізації динамічної оптимізації траєкторії інтенсивності поливу мною було використано підхід на основі функції мінімізації з обмеженнями з пакету MATLAB Optimization Toolbox.

К.т.н., доц. Кабак Л.В.: На яких глибинах здійснювався контроль вологості під час комп'ютерних експериментів? На якій підставі вони обирались?

Здобувач Кременьов В.В.: Контроль та підтримання вологості здійснювалися на глибинах 0,2 м та 0,6 м, що відповідає різним етапам розвитку кореневої системи зернових культур, а саме перехід до зернового розвитку, колосіння і цвітіння, що за аналізами результатів досліджень в галузі аграрних наук, є найбільш критичними щодо забезпечення високих показників врожайності.

К.т.н., доц. Кабак Л.В.: Яким чином алгоритм предикативного контролю був інтегрований у вбудовану систему на базі Raspberry Pi?

Здобувач Кременьов В.В.: Інтеграцію виконано за допомогою середовища MATLAB & Simulink із використанням відповідного пакету розширення. Алгоритм оптимізації було перетворено у Level-2 MATLAB S-Function, після чого за допомогою інструментів Embedded Coder та Simulink Coder було автоматично згенеровано С-код, відредаговано, скомпільовано та завантажено на платформу Raspberry Pi для роботи в реальному часі.

Д.т.н., проф. Бердник М.Г.: Чи не могли б Ви пояснити в чому полягає принципова відмінність Вашого методу предикативного контролю від існуючих підходів до автоматизації поливу?

Здобувач Кременьов В.В.: Основна відмінність полягає в тому, що більшість використовуваних систем вмикають полив лише тоді, коли вологість уже впала нижче критичної межі. Запропонований мною метод використовує прогнозну модель, яка аналізує горизонт майбутніх станів, враховуючи ґрунтокліматичні умови, а також фактори типу рослин і фази вегетації. Це дозволяє раціональніше використовувати поливну воду.

К.т.н., доц. Приходченко С.Д.: Яку технологію бездротової передачі даних Вами було обрано для комунікації між польовими сенсорами та базовою станцією? І чому?

Здобувач Кременьов В.В.: Для бездротового обміну даними в польових умовах обрано технологію LoRa. Її обрано на підставі комплексного врахування критеріїв відстані та енергоспоживання, що обумовлено специфікою збору та передачі даних у польових умовах. Альтернативні технології, як наприклад, Bluetooth і Wi-Fi не покривають необхідну відстань.

К.т.н., доц. Приходченко С.Д.: З яких компонентів складається програмний стек серверної частини системи? Які функції він реалізує і, можливо, якісь не реалізує?

Здобувач Кремньов В.В.: Серверна частина базується на стеку IoT технологій, що включає Docker, Node-RED, MQTT брокер, InfluxDB та Grafana. Виходячи з озвученого в доповіді призначення кожного з компонентів, то реалізована системна організація цих компонент, відпрацьовує всі необхідні функції. Як додаткову функцію можна передбачити перенесення даних на хмарне середовище і застосувати інший підхід до предикативного контролю, як наприклад, штучний інтелект.

Д.т.н., проф. Швачич Г.Г.: Яка архітектура покладена в основу розробленої комп'ютерної технології? І чому саме вона? Якими є її переваги та недоліки?

Здобувач Кремньов В.В.: Мною було використано децентралізовану архітектуру з використанням технологій Інтернету речей, де обробка даних частково виконується на периферійному рівні. Така архітектура дозволяє працювати автономно і не залежати від Інтернет-з'єднання. Вона обрана саме з такої логіки, що певна частина аналітики даних має виконуватись у межах периферійних пристроїв, що є на сьогодні високоефективним підходом у світовій практиці.

Д.т.н., проф. Швачич Г.Г.: Які апаратні платформи Вами використано для моделювання польових вузлів та базової станції? На скільки вони є надійними?

Здобувач Кремньов В.В.: Для польових вузлів збору даних використано мікроконтролери серії Arduino, а для реалізації інтелектуальної обробки та IoT-сервера – мікрокомп'ютер Raspberry Pi. Щодо надійності, то такі показники в дисертації безпосередньо не оцінювались, але така компонентна база була встановлена шляхом аналізу відомих напрацювань. Як показали результати тестування, то комп'ютерна технологія відпрацьовує покладений на неї функціонал без апаратних збоїв.

Д.т.н., проф. Швачич Г.Г.: Яким чином у роботі враховується нелінійність та стохастична природа процесів вологопереносу при розв'язанні диференціальних рівнянь водного балансу? Як саме це впливає на вибір чисельних методів реалізації предикативної моделі?

Здобувач Кремньов В.В.: Математична модель ґрунтується на розв'язанні диференціального рівняння Річардса водного балансу в частинних похідних, де нелінійні параметри вологопереносу залежать від поточної вологості та фази росту рослин. Оскільки аналітичне знаходження розв'язку для таких умов є трудомістким, то мною було прийнято рішення використовувати чисельні методи інтегрування в середовищі MATLAB/Simulink за допомогою спеціалізованих S-функцій. Головна особливість полягає у предикативному підході, де рівняння розв'язується на горизонті прогнозування для вибору необхідного обсягу поливу, що мінімізує витрати водних ресурсів.

Д.т.н., проф. Швачич Г.Г.: Чи аналізували Ви можливість аналітичного

розв'язання цього рівняння, адже у Вашому випадку воно є одномірним?

Здобувач Кремньов В.В.: Так, я розглядав таку можливість. Проте, враховуючи те, що в роботі передбачається використання розв'язання цього рівняння як частини комп'ютерної моделі предикативної обробки даних, то мною було прийнято рішення використовувати чисельні методи.

К.т.н., доц. Желдак Т.А.: В доповіді Ви сказали, що Вашим оптимальним рішенням є рівень подачі води. Вами використано обмеження 5 л/м². Це технологічне обмеження?

Здобувач Кремньов В.В.: Так, це значення було встановлено шляхом аналізу літературних джерел. Взагалі результати комп'ютерного експерименту довели, що в сталому режимі витрати не перевищують 1,5 л/м².

К.т.н., доц. Желдак Т.А.: У Вашій роботі представлено значну кількість результатів моделювання. Чи проводились польові випробування розробленої технології?

Здобувач Кремньов В.В.: Так, певні компоненти та інтерфейси апробовано в умовах науково-практикуючої установи аграрного спрямування «ДДСДС Національної аграрної академії наук України» та технологічних умовах ТОВ «БВС+», що засвідчено відповідними актами.

К.т.н., доц. Удовик І.М.: Який протокол використовується для передачі результатів обчислень від Simulink-моделі до серверної частини? І чому саме він?

Здобувач Кремньов В.В.: В моїй реалізації для передачі даних від Simulink-моделі до серверної інфраструктури обрано протокол MQTT. У реалізованому підході дані формуються у блоці 'MQTT Publish' всередині Simulink-моделі та публікуються у відповідну тему брокера Mosquitto, звідки їх зчитує Node-RED для подальшої обробки. Цей протокол обрано за критеріями ефективності та кіберзахисту в мережах Інтернету речей.

К.т.н., доц. Удовик І.М.: Яким саме чином реалізується обробка та підготовка даних на серверній стороні перед їх записом у базу даних?

Здобувач Кремньов В.В.: Як показано на слайді, то для обробки та маршрутизації даних використовується візуальне середовище програмування Node-RED. Процес реалізовано за такою логічною схемою. Вузол «Mqtt in» отримує вхідні повідомлення з брокера Mosquitto за темою /moistening/sensors. Вузол «Function» декодує вхідні дані та перетворює їх у структурований формат JSON, придатний для бази даних. Вузол «Influxdb out» направляє підготовлені дані для збереження у базу даних часових рядів InfluxDB.

К.т.н., доц. Клименко А.В.: Моє перше питання стосується динаміки вологи в ґрунті. Чи впливає тип ґрунту на динаміку розповсюдження вологи згідно з отриманими результатами?

Здобувач Кремньов В.В.: Так, помітно впливає. Комп'ютерний експеримент було проведено для трьох різних типів ґрунтів, які є розповсюдженими в агрокліматичних умовах України. У результаті цього було встановлено, що для різних типів ґрунту мають використовуватись різні профілі стратегій оптимізації. Отже, фактор типу ґрунту необхідно враховувати

під час програмної обробки даних, що і було відповідно реалізовано в дисертації.

К.т.н., доц. Клименко А.В.: Друге питання стосується того, в якому програмному середовищі проводилося імітаційне моделювання апаратної частини системи? І на скільки модель корелює з реальним апаратним забезпеченням?

Здобувач Кремньов В.В.: Моделювання апаратної частини підсистеми збору та передачі даних, включаючи мікроконтролери та сенсори, проводилося у середовищі Proteus. На мій погляд, спостерігається високий ступінь відповідності модель–натура, адже моделі компонент обирались із відповідних бібліотек-розробників та технології і модулі обміну даними також обирались за таким критерієм. Це підтверджено подальшим тестуванням комп'ютерної технології, що відображено в четвертому розділі дисертації.

К.т.н., доц. Ширін А.Л.: Чи враховували Ви можливі затримки та нестабільність під час збору даних? Як Вами вирішено проблему цілісності потоків даних при передачі з віддалених ділянок поля?

Здобувач Кремньов В.В.: Для забезпечення цілісності даних реалізовано механізм проміжної буферизації на мікропроцесорних модулях. Якщо дані тимчасово втрачаються через завади, предикативна модель використовує останній відомий стан та характеристики ґрунту для тимчасового прогнозування до відновлення зв'язку.

Д.т.н., проф. Мороз Б.І.: У чому на Ваш погляд полягає основна наукова новизна запропонованих у дисертації рішень?

Здобувач Кремньов В.В.: На мій погляд, основна наукова новизна полягає в тому, що було розроблено інтегрований метод предикативного контролю на основі рівняння Річардса за критерієм мінімізації відхилення вологості від цілі для диференційованих шарів ґрунту, а також були формалізовані інформаційна та математична моделі, що враховують сукупний вплив характеристик клімату, ґрунту, фази росту і локації кореневмісного шару для обґрунтування варіювання інтенсивності поливу. Додатково розроблено комп'ютерно-орієнтований метод із вбудованою нелінійною оптимізацією в реальному часі на edge-рівні, що довів суттєве скорочення витрат води. Все це разом дало можливість створити децентралізовану архітектуру на основі технології граничних обчислень щодо оптимізації поливу зернових культур.

Д.т.н., проф. Мороз Б.І.: Уточніть, будь ласка, яке математичне рівняння покладено в основу моделювання динаміки вологи в ґрунті та як воно розв'язувалось?

Здобувач Кремньов В.В.: Основою математичного опису розповсюдження вологи є одновимірне диференціальне рівняння Річардса в частинних похідних, яке описує процес перенесення вологи в зоні аерації ґрунту з урахуванням джерел надходження та стоку. Це рівняння розв'язувалось чисельними методами в спеціалізованому програмному середовищі.

Після відповідей на запитання виступили:

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем НТУ «Дніпровська політехніка» Алексєєв Михайло Олександрович.

Здобувач Кремньов В.В. своєчасно виконував всі розділи індивідуального плану наукової роботи в установлені терміни. Відповідально ставився до поставлених завдань. Зокрема, своєчасно і в повному обсязі провів усі види досліджень із застосуванням сучасних методів і підходів.

Про здобувача Кремньова В.В. можна говорити, як про вдумливого дослідника, який володіє теоретичним апаратом галузі комп'ютерних наук та відповідними практичними навичками. Повинен відзначити, що здобувач досить коректно реагував на рекомендації наукового керівника та намагався своєчасно вносити всі необхідні правки та зміни в текст дисертаційної роботи.

Здобувачем Кремньовим В.В. разом із науковим керівником за результатами проведеного пошуку та аналізу наукової літератури було визначено актуальність теми, яка обумовлена необхідністю подальшого розвитку теоретичних положень і практичних напрацювань зі створення, вдосконалення та використання комп'ютерних технологій прогностного контролю режимів зволоження зернових культур з урахуванням специфічних для українських аграрних підприємств агрокліматичних умов, фізико-хімічних властивостей ґрунту, типів і фаз зростання вирощуваних зернових культур, а також техніко-технологічної бази ведення сільськогосподарської діяльності рослинництва на відкритому ґрунті.

Запропоновані методи, моделі та структурно-алгоритмічні рішення побудови комп'ютерної технології прогностного контролю дозволяють забезпечити раціональне використання водних ресурсів під час рослинництва відкритого ґрунту. Робота є актуальною також у контексті підвищення продовольчої безпеки України. Прошу підтримати здобувача.

Рецензенти дисертаційної роботи, які наголосили на позитивних аспектах дослідження та висловили свої побажання й рекомендації.

Доктор технічних наук, професор Лактіонов Іван Сергійович

Детально проаналізувавши дисертаційну роботу здобувача Кремньова Володимира Володимировича, яку присвячено розробці комп'ютерної технології предикативного контролю зволоження зернових культур, хотів би зазначити, що, на мій погляд, вона є вагомим внеском у розвиток спеціальності «комп'ютерні науки» в контексті цифровізації агропромислового комплексу.

Щодо актуальності роботи, то, на мій погляд, перш за все, вона визначається гострою потребою у створенні інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які здатні працювати в умовах високої невизначеності та динамічної зміни зовнішніх факторів. Автор пропонує відійти від управління за фактом настання події до проактивного предикативного контролю, що є прогресивним кроком для сучасної ІТ-індустрії в агросекторі.

Наукова новизна дослідження відзначається комплексністю підходу. На підставі детального вивчення тексту роботи хотів би виділити розроблене автором структурно-компонентне забезпечення та комп'ютерні й імітаційні

моделі, які дозволяють інтегрувати різноманітні дані в єдиний аналітичний цикл. Важливим результатом є також удосконалений математичний апарат, який базується на методах прогнозного контролю, адаптованих саме для агробіологічних об'єктів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні програмно-алгоритмічного комплексу. Автор розробив архітектуру комп'ютерної технології, що включає рівні збору даних, їхньої інтелектуальної обробки та графічної інтерпретації. Представлені в роботі імітаційні моделі в середовищі Matlab & Simulink підтверджують працездатність алгоритмів і можливість їх масштабування для різних типів господарств.

Щодо дискусійних моментів, то хотів би акцентувати увагу на тому, що робота виграла б від розробки та впровадження до реалізованої архітектури алгоритмів самонавчання предикативної моделі на основі машинного навчання, а також від додаткового аналізу запропонованого інтерфейсу моделі на зручність його застосування технічним персоналом агропідприємств.

Загалом вважаю, що робота є добре структурованою, логічно викладеною й базується на достатньо глибокому обсязі досліджень. Незважаючи на певні дискусійні питання, які зазвичай виникають у таких складних мультидисциплінарних роботах, загальний рівень дисертації є високим. Вважаю, що Володимир Володимирович Кремньов проявив себе як кваліфікований науковець, а його дисертаційна робота повністю відповідає критеріям, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Рекомендую цю дисертацію до захисту.

Кандидат технічних наук, доцент Желдак Тімур Анатолійович

На підставі детального ознайомлення з цією дисертацією, можу зазначити, що представлена дисертаційна робота є актуальним і завершеним науковим дослідженням, що розв'язує важливу прикладну задачу підвищення ефективності вирощування зернових культур шляхом впровадження інтелектуальних систем контролю водних ресурсів.

Актуальність теми не викликає сумнівів. В умовах глобальних кліматичних змін та дефіциту водних ресурсів традиційні підходи до зрошення стають малоефективними. Робота автора пропонує перехід до точного землеробства, де рішення приймаються не на основі загальних графіків, а на базі точних прогнозних моделей та реальних показників вологості ґрунту, що є критично важливим для продовольчої безпеки України. Робота з багатьох міркувань є актуальною і знаходиться на сучасному світовому рівні розробок.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці комплексної комп'ютерної технології предикативного контролю. На особливу увагу заслуговує запропонований автором комп'ютерно-орієнтований метод прогнозування, який, на відміну від існуючих, одночасно враховує як інформативні параметри стану рослин і фази вегетації, так і дестабілізуючі чинники зовнішнього середовища. Автор влучно поєднав математичні моделі прогнозування з алгоритмами прецизійної обробки даних, що дозволило оптимізувати стратегії поливу для різних ґрунтокліматичних умов.

Щодо практичної значущості, то зазначу, що розроблене апаратно-програмне забезпечення та алгоритмічні моделі дозволяють суттєво знизити витрати водних ресурсів, забезпечуючи при цьому стабільну врожайність. Важливо, що автор не обмежився теоретичними розрахунками, а провів ретельну валідацію методу через імітаційне моделювання, що доводить готовність технології до реального впровадження.

В якості побажання щодо покращення роботи, то хотів би акцентувати увагу автора на моментах, які пов'язані з більш детальним аналізом техніко-функціональних характеристик, зокрема затримок у передачі даних або відмов певних пристроїв, а також енергоефективності апаратних компонент, що розгортаються в польових умовах.

Проте, загалом я вважаю, що дисертаційна робота написана на високому науковому рівні, оформлена згідно з вимогами МОН України, а її основні положення пройшли належну апробацію, а також відображені в публікаціях. Здобувач проявив себе кваліфікованим фахівцем у досліджуваній предметній галузі. Вважаю, що за обсягом та глибиною проведених досліджень робота є завершеним дослідженням, яке вирішує актуальну науково-практичну задачу, і може бути подана до захисту.

В обговоренні дисертаційного дослідження взяли участь:

Д.т.н., проф. Швачич Г.Г. відзначив, що робота є актуальною та в ній одержано вагомі наукові й практичні результати, а також акцентував увагу на високому рівні підготовки дисертанта. Також було акцентовано увагу на дискусійному моменті щодо аналізу можливості застосування аналітичних методів розв'язання рівняння Річардса, але водночас було зазначено, що це скоріше є предметом майбутніх досліджень з точки зору порівняльного аналізу аналітичних і чисельних розв'язків цього рівняння. Було висловлено підтримку цієї роботи.

Д.т.н., проф. Мещеряков Л.І. дав позитивну оцінку цій дисертаційній роботі й рівню підготовки здобувача. Зазначив комплексність цієї роботи та акцентував ґрунтовність запропонованих автором програмних і апаратних рішень. Було відмічено значну ефективність запропонованого і дослідженого предикативного підходу до контролю вологості ґрунту під час вирощування зернових культур. Зазначено, що ця робота відкриває широкий спектр перспективних дослідних задач. Робота відповідає всім критеріям, що висуваються до робіт на здобуття ступеня доктора філософії. Було висловлено підтримку цієї роботи.

К.т.н., доц. Ширін А.Л. зазначив, що робота виконана на високому науково-практичному рівні, відповідає сучасним тенденціям розвитку комп'ютерних технологій, а також містить значну сукупність вагомих результатів. Акцентовано увагу на значному потенціалі до подальшого розвитку. Було висловлено підтримку цієї роботи.

Д.т.н., проф. Мороз Б.І. підвів логічні підсумки дискусії та акцентував увагу на актуальності та значному науково-практичному доробку здобувача Кремньова В.В. Було висловлено підтримку цієї роботи.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Кремньова Володимира Володимировича на тему: «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур», поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки

Обґрунтування вибору теми дослідження. Зважаючи на інтенсивні глобальні перетворення, що нині охоплюють аграрний сектор, дедалі виразніше проявляється комплекс взаємопов'язаних проблем екологічного, соціального, економічного та технологічного характеру. Кліматичні й демографічні зміни, дестабілізація логістичних систем і виснаження ресурсного потенціалу суттєво негативно впливають на стійкість і ефективність сільськогосподарського виробництва як у світовому, так і національному масштабах. Зважаючи на значний прогрес аграрної науки, зокрема в напрямках біотехнологій, селекції та генетики рослин, тенденції позитивної динаміки врожайності залишаються непослідовними та вразливими до широкого спектра дестабілізуючих факторів. Серед них особливу роль відіграють зниження рівня ґрунтових вод, спричинене глобальним потеплінням, деградаційні процеси в ґрунтах, інтенсивне й часто неконтрольоване застосування мінеральних добрив, скорочення різноманіття ґрунтової мікробіоти, а також надмірний антропогенний тиск на агроєкосистеми.

За умов сукупної дії зазначених чинників особливого значення набуває необхідність науково обґрунтованого, оперативного та достовірного планування агротехнічних заходів, оптимізації використання матеріальних і природних ресурсів, а також збереження врожаю на всіх етапах вирощування агрокультур. Водночас світовий досвід науково-технічного розвитку доводить високу ефективність інтеграції комп'ютерних, цифрових та інформаційних технологій у систему аграрного менеджменту. Особливо це стосується процесів збору великих масивів просторово-часових даних, їх адаптивної та прецизійної обробки, а також використання комп'ютеризованих систем підтримки прийняття рішень, спрямованих на підвищення ефективності та стійкості практик вирощування зернових культур.

Отже, на сьогоднішній день актуальною є науково-прикладна задача подальшого розвитку теоретичних положень і практичних напрацювань зі створення, вдосконалення та використання комп'ютерних технологій прогнозного контролю режимів зволоження зернових культур з урахуванням специфічних для українських аграрних підприємств агрокліматичних умов, фізико-хімічних властивостей ґрунту, типів і фаз зростання вирощуваних зернових культур, а також техніко-технологічної бази ведення сільськогосподарської діяльності рослинництва на відкритому ґрунті.

Зв'язок роботи з науковими планами програмами, темами. Результати

досліджень цієї дисертації одержано в рамках виконання науково-дослідних робіт НТУ «Дніпровська політехніка», а саме: «Розвиток програмно-апаратного забезпечення інтелектуальних технологій для сталого вирощування сільськогосподарських культур у воєнний та повоєнний час (№ державної реєстрації 0124U000289)» та «Методи, моделі та технології обробки і аналізу даних в комп'ютеризованих системах (№ державної реєстрації 0124U004583)».

Основною метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності агротехнічних процедур під час вирощування зернових культур завдяки розробці методів і апаратно-програмних компонент побудови комп'ютерних технологій предикативного контролю режимів зрошення ґрунту.

Об'єкт дослідження – інформаційні процеси отримання, мережевого обміну та предикативної обробки сукупності розподілених даних щодо режимів зволоження зернових культур.

Предмет дослідження – моделі, методи та апаратно-програмні компоненти побудови комп'ютерних технологій прогностного контролю режимів зволоження зернових культур.

Методи досліджень. Теоретико-методологічну основу досліджень цієї дисертаційної роботи становить комплексний підхід із використанням таких методів і концептуальних напрямків: бібліографічний пошук, аналіз і узагальнення відомих науково-прикладних напрацювань; математичне, інформаційне й комп'ютерне моделювання; об'єктно-орієнтоване програмування; теорія алгоритмів і прогностного контролю; системний аналіз і синтез архітектур апаратно-програмних рішень комп'ютерних технологій; Інтернет речей; статистичний та інтелектуальний аналіз просторово-часових результатів комп'ютеризованих вимірювань; комп'ютерний експеримент.

Наукові результати:

– уперше синтезовано структурно-функціональне забезпечення комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур за критерієм мінімізації відхилення відносної вологості від її цільового рівня під час диференціації шарів ґрунту з урахуванням сукупного впливу характеристик ґрунтокліматичних умов вирощування, видів і фаз зростання зернових культур та обмежень, що накладаються на технічні параметри засобів поливу, що дозволяє реалізувати оптимізоване використання водних ресурсів;

– дістали подальшого розвитку підходи до формалізованого опису процесу комплексної трансформації агромоніторингових даних завдяки розробці інформаційної й математичної моделей комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур, які, на відміну від відомих, враховують сукупний вплив добової динаміки температури й вологості повітря, температури, відносної вологості й типу ґрунту, а також локацію кореневмісного шару, що дозволило обґрунтувати вимоги до варіювання інтенсивності подачі поливної води під час повного циклу вирощування пшениці та ячменю;

– дістали подальшого розвитку методологічні засади проєктування

комп'ютерних агротехнологій завдяки розробці комп'ютерно-орієнтованого методу прогнозного контролю режимів зволоження зернових культур, який відрізняється від відомих тим, що програмно в реальному часі реалізує вбудовані до периферійних засобів алгоритми нелінійної оптимізації з обліком показників водного балансу ґрунту та параметрів систем поливу, що дозволяє забезпечити показник витрат поливної води в усталеному режимі від 0,8 л/год до 1,5 л/год;

– удосконалено апаратно-програмне забезпечення комплексів цифровізації сільськогосподарських підприємств рослинництва шляхом розробки децентралізованої архітектури комп'ютерної технології прогнозного контролю режимів зволоження зернових культур, яка контрастує з існуючими тим, що алгоритми агрегування даних та статистичних й інтелектуальних обчислень імплементовано до ланки низькорівневої обробки даних на основі серійних мікропроцесорних і мікрокомп'ютерних пристроїв, що дозволяє підвищити автономність, адаптивність і оперативність корегування агротехнічних процесів;

– удосконалено теоретико-прикладні аспекти методів створення програмно-технічних рішень сільськогосподарського спрямування на основі розробки та валідації імітаційної моделі серверної частини комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур, яка реалізує потокову подієву інтелектуалізовану обробку агрокліматичних даних на основі інтеграції стеку інформаційних технологій до єдиного мікрокомп'ютерного пристрою, що дозволяє впровадити стратегію віддаленого адаптивного керування засобами поливу з показником витрати води не більше 5 л/год на 1 м² агроугідь.

Практичне значення. У цій дисертаційній роботі запропоновано та реалізовано програмно-технічні рішення, комп'ютерні моделі та алгоритми побудови й функціонування комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур, які інтегрально забезпечують наступні положення практичного ефекту: розроблено алгоритмічне та структурно-компонентне забезпечення досліджуваної комп'ютерної технології агротехнічного призначення; реалізовано та валідовано програмні компоненти інтегральної вбудованої мікропроцесорної статистичної обробки результатів детектування ґрунтокліматичних параметрів та техніко-функціональних характеристик поливної системи, а також мікрокомп'ютерної інтелектуальної прогносної аналітики стану зволоження ґрунту на різних глибинах; створено та протестовано Matlab-застосунок із користувацьким інтерактивним інтерфейсом задля предикативного аналізу режимів зволоження зернових культур, а також графічний інтерфейс із можливістю віддаленого доступу до результатів детектування динаміки інформативних показників стану зволоження зернових культур під час повного циклу їх вирощування; запропоновано децентралізовану архітектуру програмно-технічної організації досліджуваної комп'ютерної технології агротехнічного призначення.

Впровадження результатів роботи. Прикладну цінність одержаних результатів досліджень підтверджено використанням у виробничій діяльності науково-практикуючої установи аграрного спрямування «Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція Національної аграрної академії наук України» під час модернізації та оптимізації агротехнічних процесів вирощування зернових культур у агрокліматичних умовах північного степу України, технологічних умовах ТОВ «БВС+» для оперативного планування та виконання агротехнічних процедур зрошення ґрунту під час повного циклу вирощування зернових культур, а також у навчальному процесі НТУ «Дніпровська політехніка» під час підготовки здобувачів вищої освіти за освітньо-науковим рівнем «Доктор філософії» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною науковою працею. Наукові положення та науково-прикладні рішення до побудови й використання комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур, що виносяться на захист, одержані здобувачем самостійно. Із наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертації використані лише ті ідеї, положення й матеріали, які є результатом власних досліджень автора.

Апробація результатів роботи. Основні положення, наукові результати й практичні розробки дисертації доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях, а також наукових семінарах кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем НТУ «Дніпровська політехніка».

Публікації. За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, із яких: 5 статей у наукових фахових періодичних виданнях України (у т.ч. 1 – одноосібна) та 6 тез доповідей у матеріалах міжнародних конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена за такою структурою: вступ, чотири розділи, висновки, список використаних літературних джерел зі 151 найменування та 3 додатки. Загальний обсяг дисертації становить 192 сторінки, із яких основний текст – 132 сторінки, включаючи 54 рисунки та 15 таблиць. Додатки на 32 сторінках включають список наукових публікацій здобувача за темою дисертації, документи, що підтверджують упровадження результатів дисертації, а також програмні компоненти розробленої комп'ютерної технології предикативного контролю режимів зволоження зернових культур.

Список публікацій здобувача на тему дисертації

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати:

1. Кремньов В.В. Результати комп'ютерного експерименту з архітектурної інтеграції апаратно-програмних компонент багаторівневої трансформації вимірюваних даних предикативного контролю вологості ґрунту. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*. 2025. № 1 (40). С. 89–96. doi.org/10.31474/1996-1588-2025-1-40-89-96.

2. Кремньов В., Дяченко Г. Комп'ютеризований метод оптимізації

зрошення сільськогосподарських культур на основі предикативного контролю вологості ґрунту. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2025. № 1. С. 310–315. doi.org/10.31891/2219-9365-2025-81-38.

3. Кремньов В., Шаматрін А. Імітаційна модель системи комп'ютерного контролю технологічних процесів аграрних виробництв. *Information Technology: Computer Science, Software Engineering and Cyber Security*. 2024. Вип. 2. С. 68–78. doi.org/10.32782/IT/2024-2-9.

4. Дяченко Г., Кремньов В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесу комп'ютеризованого предикативного контролю режимів зрошення ґрунту під час вирощування зернових культур. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. № 3. С. 136–141. doi.org/10.31891/2219-9365-2024-79-18.

5. Diachenko G., Kremnov V., Koval V., Yevstratiev M. Information analysis and systematisation of the state of the art in research and development of technologies for computer control of grain crops moistening modes. *Herald of Khmelnytskyi Nat. University. Technical Sciences*. 2024. V. 339 (4). P. 458–469. doi.org/10.31891/2307-5732-2024-339-4-68.

Опубліковані праці апробаційного характеру

6. Aleksieiev M., Kremnov V. Results of synthesis of a simulation-based computer technology for predictive control of grain crop moisture modes // XX Міжнародна конференція з проблем використання інформаційних технологій в освіті, науці та промисловості, 05 грудня 2025: Дніпро, 2025. С. 4–7.

7. Алексєєв М.О., Дяченко Г.Г., Кремньов В.В. Результати розробки серверного інфокомунікаційного забезпечення комп'ютерної технології прогнозного агроконтролю // XV Міжнародна науково-практична конференція «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем»: Том 2, 22–23 травня 2025: Чернігів, 2025. С. 290 – 292.

8. Алексєєв М.О., Кремньов В.В. Алгоритмічне забезпечення комп'ютеризованого методу предикативного контролю вологості ґрунту // XV Міжнародна науково-технічна конференція аспірантів та молодих вчених «Наукова весна», 26–28 березня 2025: Дніпро, 2025. С. 194 – 195.

9. Дяченко Г.Г., Алексєєв М.О., Кремньов В.В., Євстратьєв М.А. Обґрунтування методів і засобів побудови інформаційних технологій комп'ютерного предикативного контролю режимів зволоження зернових культур // VI Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates», 01–02 August 2024: Dnipro, 2024. С. 125–127.

10. Кремньов В.В., Коваль В.С., Євстратьєв М.А. Компонентно-структурне забезпечення комп'ютерної технології предикативного контролю агротехнічних процесів вирощування зернових культур // Міжнародна науково-практична конференція «Теоретико-практичні аспекти розвитку науки, освіти, технологій і суспільства», 10 серпня 2024: Кременчук, 2024. С. 45–47.

11. Шаматрін А.М., Кремньов В.В. Розробка архітектури комп'ютерної системи адаптивного контролю зрошення ґрунту // XII Міжнародна науково-

технічна конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Молодь: наука та інновації», 13–15 листопада 2024: Дніпро, 2024. С. 146–147.

Характеристика особистості здобувача.

Кремньов Володимир Володимирович, 05.04.1997 р.н., громадянин України.

Нормативний термін навчання в аспірантурі: 01.10.2022 – 30.09.2026 рр.

Диплом бакалавра: В18 № 205489, спеціальність «Системний аналіз», освітня програма «Фахівець в галузі обчислень (комп'ютеризації), системний аналітик», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 03 липня 2018 р.

Диплом магістра: М20 № 007441, спеціальність «Системний аналіз», освітня програма «Системний аналіз і управління», Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», 8 січня 2020 р.

Загальний стаж роботи за спеціальністю складає 8 років.

Дані про підвищення кваліфікації за період навчання:

– «How to demonstrate value for client», Luxoft DXC Technology Company, від 17.04.2023 (4 год).

– «Kafka Fundamentals for Java Developers», Luxoft DXC Technology Company, від 09.06.2024 (24 год).

– «Grokking the System Design Interview», Educative.io digital learning (20 год.) від 21.09.2024.

Здобувач Кремньов В.В. проявив себе наполегливим, відповідальним науковцем, своєчасно виконував всі розділи індивідуального навчального плану, відвідував лекції та семінарські й практичні заняття, які проводили науково-педагогічні працівники НТУ «Дніпровська політехніка».

Оцінка мови та стилю дисертації. Матеріали дисертації викладено державною мовою послідовно у структурований і формально-логічний спосіб з дотриманням наукового стилю.

Відповідно до п.15 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 (зі змінами № 507 від 03.05.2024 р.), пропонується такий **склад разової спеціалізованої вченої ради:**

Голова ради:

Мороз Борис Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Рецензенти:

1. **Лактіонов Іван Сергійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

2. **Желдак Тімур Анатолійович**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри системного аналізу та управління Національного технічного

університету «Дніпровська політехніка».

Офіційні опоненти:

1. **Перекрест Андрій Леонідович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського.

2. **Шекета Василь Іванович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

У результаті попередньої експертизи дисертації Кремньова В.В., повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛЕНО:

1. Затвердити висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Кремньова Володимира Володимировича на тему: «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур».

2. Констатувати, що за актуальністю, ступенем наукової новизни, обґрунтованістю, науковою та практичною цінністю здобутих результатів дисертація Кремньова В.В. відповідає спеціальності 122 – Комп'ютерні науки та вимогам **Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії та доктора наук у закладах вищої освіти (наукових установах)**, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 р. № 261, пп. 6, 7, 8 **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.

3. Рекомендувати дисертацію Кремньова В.В. на тему: «Комп'ютерна технологія предикативного контролю режимів зволоження зернових культур» до захисту на здобуття ступеня доктора філософії у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки.

4. Рекомендувати Вченій раді Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» затвердити склад разової спеціалізованої вченої ради:

Голова ради:

Мороз Борис Іванович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

Рецензенти:

1. **Лактіонов Іван Сергійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем

1177

Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

2. **Желдак Тімур Анатолійович**, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри системного аналізу та управління Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

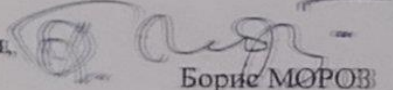
Офіційні опоненти:

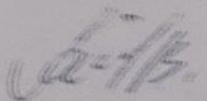
1. **Перекрест Андрій Леонідович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського.

2. **Шекета Василь Іванович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Результати голосування щодо рекомендації до захисту дисертаційної роботи Кременьова В.В.:

«За» – 21
 «Проти» – немає
 «Утримались» – немає
 Презентація Кременьова В.В. на 25 стор. додається.

Головуючий на засіданні
 Гарант ОНП «Комп'ютерні науки» З рівня,
 д.т.н., проф., проф. каф. ПЗКС  **Борис МОРОВ**

Секретар засідання
 асистент каф. ПЗКС  **Валерія РЮКОВА**