Рішення разової спеціалізованої вченої ради
про присудження ступеня доктора філософії

Здобувач ступеня доктора філософії **Семенов Сергій Юрійович**, 1980 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2002 році Національний гірничий університет (м. Дніпро) за спеціальністю «Інформаційні управляючі системи та технології». Із 2024 року аспірант кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем НТУ «Дніпровська політехніка». Виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Інженерія програмного забезпечення».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена рішенням Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» МОН України, м. Дніпро від «08» жовтня 2026 року Протокол № 25, Наказ від «08» жовтня 2026 року № 166 у складі:

Голова разової спеціалізованої вченої ради – **Швачич Геннадій Григорович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Рецензенти:

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

Каштан Віта Юріївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Офіційні опоненти:

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

Бабічев Сергій Анатолійович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізико-математичних дисциплін та методики навчання Херсонського державного університету, м. Івано-Франківськ.

На засіданні «23» листопада 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» Семенову Сергію Юрійовичу на підставі публічного захисту дисертації «Програмно-алгоритмічне забезпечення інтелектуалізованої трансформації вимірювальних даних агромоніторингу на основі туманної архітектури» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Дисертацію виконано на кафедрі програмного забезпечення комп'ютерних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, професор кафедри

програмного забезпечення комп’ютерних систем Лактіонов Іван Сергійович, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису українською мовою.

Здобувачем Семеновим С.Ю. під час виконання дисертаційного дослідження створено нові, вдосконалено та розвинуто відомі методи, моделі та програмно-алгоритмічні компоненти повноциклової інтелектуалізованої трансформації часово-просторових даних агромоніторингу задля прогнозування врожайності сільськогосподарських культур, а саме:

1. Уперше синтезовано повноциклову туманну архітектуру програмно-алгоритмічного забезпечення прогнозування врожайності агрокультур, що, на відміну від відомих рішень, комплексно враховує вплив агрокліматичних умов, типів вирощуваних агрокультур та застосовуваних практик їх захисту, а також реалізує наскрізну логіку виконання процедур агрегування, інтелектуалізованого опрацювання даних та підтримки прийняття рішень, які об’єктивно розподілені за функціональними рівнями, що дозволяє підвищити ефективність і масштабованість процесу трансформації результатів агромоніторингу.

2. Дістали подальшого розвитку концептуально-методологічні засади формалізації багатоетапної інтелектуалізованої трансформації результатів агромоніторингу, які відрізняються від відомих тим, що комплексно враховують просторово-часову гетерогенність агрокліматичних даних, а також механізми людино-машинної та кросрівневої взаємодії компонент розробленого програмно-алгоритмічного забезпечення, що дозволило обґрунтувати підходи до побудови та валідації комп’ютерної технології прогнозування врожайності агрокультур.

3. Дістав подальшого розвитку інформаційно-орієнтований підхід до прогнозування врожайності агрокультур завдяки комплексній програмній реалізації процедур попередньої обробки, розвідувального аналізу і прогнозної аналітики даних та інтерпретації предикативних моделей у межах децентралізованої архітектури, що дозволило підвищити точність та адекватність прогнозування врожайності агрокультур шляхом досягнення відносної похибки прогнозування ±7,8 % і коефіцієнта детермінації 0,9904 у широкому діапазоні варіювання типів агрокультур і просторово-часових умов їх вирощування.

4. Дістали подальшого розвитку методи автоматизованої інтерпретації результатів прогнозної аналітики в комп’ютерних технологіях агромоніторингу завдяки програмній реалізації та інтеграції алгоритмів пояснювального штучного інтелекту до процесу багаторівневої трансформації даних, що, на відміну від відомих методів, забезпечує як глобальну оцінку впливу агрокліматичних факторів на врожайність агрокультур, так і локальне пояснення результатів прогнозів, підвищуючи прозорість і об’єктивність підтримки

прийняття рішень.

5. Удосконалено теоретико-прикладні підходи до створення й застосування програмно-алгоритмічних рішень прогнозного агромоніторингу шляхом розробки та валідації вебзастосунку, який реалізує логіку на основі запитів під час трансформації часово-просторових даних у туманній архітектурі, що, на відміну від відомих рішень, одночасно поєднує децентралізовану предикативну аналітику й інтерпретацію, забезпечує сумісність із агроінформаційними системами та реалізує механізми оперативного сповіщення користувачів, що дозволяє підвищити практичну ефективність використання результатів прогнозування врожайності агрокультур під час управління агротехнологічними процесами.

Здобувачем Семеновим С.Ю. за темою дисертації опубліковано 10 наукових праць: 1 стаття в журналі, що індексується в наукометричних базах Scopus і Web of Science (квартиль Q1); 3 статті в періодичних наукових виданнях України категорії Б; 6 тез доповідей у матеріалах міжнародних наукових конференцій, з яких 1 індексується в наукометричній базі Scopus, зокрема:

1. Laktionov I., Semenov S., Diachenko G., Rutkowski L. An end-to-end ML and XAI-based framework for crop yield prediction under agroclimatic variability. *Applied Soft Computing Journal*, 2026, Vol. 200. P. 1–25. doi.org/10.1016/j.asoc.2026.115394.

2. Семенов С., Лактіонов І. Структурно-алгоритмічна формалізація програмного забезпечення комплексної трансформації просторово-часових даних агромоніторингу. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*, 2025, Вип. 353 (3.2). С. 469–474. doi.org/10.31891/2307-5732-2025-353-64.

3. Лактіонов І., Семенов С. Компаративний аналіз програмно-алгоритмічних рішень інтелектуалізованого моніторингу в рослинництві відкритого ґрунту: сучасний стан і перспективи розвитку. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*, 2025, Вип. 82 (2). С. 372–379. doi.org/10.31891/2219-9365-2025-82-54.

4. Лактіонов І., Семенов С. Результати досліджень механізмів системної інтеграції та кросрівневої взаємодії програмно-алгоритмічних компонент прогнозування врожайності агрокультур. *Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*, 2026, № 1 (42)’ 2026. С. 82–91. doi.org/10.31474/1996-1588-2026-1-42-82-91.

У дискусії взяли участь усі члени разової спеціалізованої вченої ради.

Голова ради д.т.н., проф. **Швачич Г.Г.**:

Запитання № 1: У роботі заявлено підвищення точності прогнозування до відносної похибки ±7,8 % і досягнення коефіцієнта детермінації R^2=0,9904. Чи можна вважати це одним із головних наукових результатів дисертації?

Запитання № 2: Як показано на слайді 15, в дослідженні Ви довели, що Random Forest і Bagging Regressor показали кращі результати, ніж інші

алгоритми. Як на Вашу думку, чим обумовлений такий ефект і чи означає це, що ансамблеві моделі є доцільними для інтелектуального аналізу даних у задачах агромоніторингу?

Здобувач **Семенов С.Ю.** відповіді на запитання:

Відповідь на запитання № 1: Це важливий кількісний результат, але не єдиний і, на мій погляд, не головний, якщо розглядати його окремо від архітектурних та методологічних результатів. Найбільш вагомий, на мій погляд, науковий внесок полягає в комплексному розвитку програмно-алгоритмічного підходу до прогнозування врожайності: від формалізації повноциклової трансформації та туманної архітектури до програмної реалізації ML і XAI. Високий показник R^2 та низька похибка є експериментальним підтвердженням ефективності запропонованого підходу лише в межах аналізованого набору даних.

Відповідь на запитання № 2: Такий результат, на мою думку, зумовлений насамперед характером досліджуваних агромоніторингових даних, у яких залежності між урожайністю, кліматичними та агротехнологічними факторами є достатньо нелінійними й складними. Ансамблеві моделі, зокрема Random Forest і Bagging Regressor, завдяки об'єднанню результатів багатьох базових моделей краще враховують такі залежності та є менш чутливими до окремих особливостей вибірки. Водночас я б не стверджував, що ансамблеві алгоритми завжди є оптимальними для задач агромоніторингу. Отримані результати показують їх доцільність саме для досліджуваної задачі та набору даних. Тому вибір моделі має ґрунтуватися на експериментальному порівнянні різних алгоритмів і комплексній оцінці їхньої точності, а не лише на належності до певного класу моделей.

Рецензент д.т.н., проф. **Мороз Б.І.** Рецензія є позитивною. Зауваження та дискусійні положення:

1. Обґрунтування актуальності в розділі 1 надмірно перевантажене макроекономічними та агрономічними показниками. На мою думку, натомість слід було більше уваги приділити системному аналізу актуальних проблем розробки розподіленого програмного забезпечення для обробки потоків польових даних.

2. Здобувач декларує відповідність роботи Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», проте не конкретизує належність до визначеного переліку середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня.

3. В статті, що опублікована в журналі «Applied Soft Computing», автор також використовував метрику RRMSE та метод Time-Series Split, однак в основному тексті дисертації вони чомусь не відображені.

4. Практична цінність отриманих результатів для українського фермера є обмеженою через те, що датасет не враховує локальних агрокліматичних зон України (Степ, Лісостеп, Полісся), а оперує середніми показниками країн світу.

5. Наявне часткове графічне дублювання: рис. 2.6, 2.7 та 2.8 демонструють одні й ті самі зв'язки між польовим, туманним та хмарним рівнями.

6. У роботі не продемонстровано вирішення типових задач розподіленого інжинірингу, а саме, не показано, як вебзастосунок справляється з реальними польовими протоколами передачі вимірювань та як гарантується збереження даних при збоях живлення на туманному шлюзі, що обмежує на даному етапі реальний потенціал безпосереднього впровадження системи у виробничі процеси сучасних агропідприємств.

Здобувач **Семенов С.Ю.** надає коментарі на зауваження рецензента:

Щодо зауваження № 3: застосування метрики RRMSE та методу розбиття часових рядів Time-Series Split у відповідній публікації мало додатковий характер і було спрямоване на перевірку узгодженості результатів оцінювання, отриманих із використанням різних підходів. Тому мною було прийнято рішення не виносити це в основний текст дисертації, адже це безпосередньо не впливає на наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів.

Щодо зауваження № 5: Наведені рисунки відображають взаємозв'язки між польовим, туманним і хмарним рівнями архітектури з різних аспектів, проте погоджуюся, що їх графічне представлення можна було зробити компактнішим, уникнувши часткового дублювання інформації.

Щодо зауваження № 6: Основну увагу в дисертації зосереджено на розробленні архітектури та програмно-алгоритмічного забезпечення інтелектуалізованої трансформації даних агромоніторингу, тоді як перевірка роботи з реальними польовими протоколами й забезпечення збереження даних у разі збоїв живлення потребують додаткових експериментальних досліджень. Погоджуюся, що опрацювання цих питань є важливим напрямом подальшого розвитку та практичного впровадження розробленого рішення.

Загалом щодо всіх зауважень, висловлених рецензентом проф. Морозом Б.І., здобувач Семенов С.Ю. погоджується з ними та вважає їх об'єктивними й доцільними під час подальших наукових досліджень.

Запитання проф. **Мороз Б.І.**:

Запитання № 1: Вами було обрано туманну архітектуру як базову під час побудови програмно-алгоритмічного рішення. Поясніть, чому саме туманна архітектура була обрана? Чи не доцільніше було б використати централізовану хмарну архітектуру?

Запитання № 2: Продовжуючи попереднє питання, хотів би уточнити наступне. У запропонованій архітектурі функції розподілені між рівнями польових пристроїв, туманних обчислень та IoT-сервера, як показано, зокрема, на слайдах 8 і 9. Поясніть, чому не доцільніше виконувати всю інтелектуальну аналітику централізовано на сервері?

Здобувач **Семенов С.Ю.** відповіді на запитання:

Відповідь на запитання № 1: Так, у загальній практиці хмарна архітектура є найбільш масштабованим рішенням, але якщо звернути увагу на специфіку прикладної галузі, для якої виконувалась розробка, а саме польового агромоніторингу, то недоліками хмарного рішення є залежність від стабільного Інтернет-з'єднання, мережеві затримки та централізоване навантаження.

Туманна архітектура дозволяє перенести частину агрегації та аналітичної обробки ближче до джерела даних, зменшити затримки та обсяг передавання даних. Тому для просторово розподіленої польової інфраструктури вона є більш доцільною.

Відповідь на запитання № 2: Дійсно, таке є можливим і в певних випадках доцільним. Але у випадку моїх досліджень такий підхід пояснюється тим, що в умовах централізованих обчислень це призвело б до концентрації обчислювального навантаження та необхідності постійного передавання значних обсягів первинних даних. У запропонованій архітектурі попередня обробка виконується ближче до джерела, на рівні туманних обчислень реалізуються інтелектуальний аналіз, ML та XAI, а IoT-сервер забезпечує зберігання, обробку запитів і представлення результатів. Такий розподіл зменшує залежність системи від мережевої інфраструктури та підвищує її автономність.

Рецензент к.т.н., доц. **Каштан В.Ю.** Рецензія є позитивною. Зауваження та дискусійні положення:

1. У результаті розробки моделей інтелектуального аналізу агромоніторингових даних автором проведено достатньо об’єктивну їх оцінку за метриками MAE, MAPE, RMSE та R^2, а також використано 5-кратну крос-валідацію. Проте з огляду на часову динаміку аналізованих наборів даних, доцільно було б застосувати додаткову часову схему валідації.

2. У дисертації автором використано глобальні та локальні методи пояснювального штучного інтелекту. На мій погляд, у цій роботі доцільно було б додати ґрунтовніше обговорення відмінностей між результатами, що спостерігаються під час використання окремих методів пояснювального штучного інтелекту, а також впливу вибору конкретного методу інтерпретації на кінцеві рекомендації для користувача.

3. Автор достатньо чітко й аргументовано обґрунтовує доцільність застосування туманної архітектури під час побудови досліджуваного програмно-алгоритмічного забезпечення. Разом із тим, наукову обґрунтованість запропонованих рішень посилило б проведення кількісного порівняльного аналізу показників енергоспоживання та обчислювального навантаження туманної та хмароцентричної архітектур.

4. У тексті дисертації автор неодноразово використовує певні терміни, які не є загальновживаними в україномовній науковій літературі, зокрема «предикативний аналіз», «інтелектуалізована трансформація», «повноциклова трансформація». Такий підхід є достатньо виправданим для предметної області досліджень цієї дисертації, проте уніфікація та чітке обґрунтування таких термінів сприяли б однозначнішому сприйняттю її основних результатів.

5. Доцільно було б розширити графічний матеріал, що ілюструє тестування інтерфейсу користувача запропонованого вебзастосунку, наведений в підрозділі 4.3 дисертації. Це підвищило б інтерпретованість заявленого спектра

функціональних можливостей розробленого вебзастосунку.

Здобувач **Семенов С.Ю.** надає коментарі на зауваження рецензента:

Щодо зауваження № 4: У дисертації такі терміни використовуються задля деталізованого відображення специфіки запропонованого програмно-алгоритмічного забезпечення. Водночас їх додаткове визначення та обґрунтування допомогло б чіткіше розмежувати відповідні поняття й забезпечити однозначніше розуміння їхнього змісту в контексті дослідження.

Загалом щодо всіх зауважень, висловлених рецензентом доц. Каштан В.Ю., здобувач Семенов С.Ю. погоджується з ними та вважає їх об'єктивними й доцільними під час подальших наукових досліджень.

Запитання доц. **Каштан В.Ю.**:

Запитання № 1: Ви використали різні процедури попередньої обробки даних: фільтрацію, агрегування, заповнення пропусків, нормалізацію, стандартизацію тощо. Чи розглядали Ви питання застосування одного фіксованого набору таких процедур для всіх агромоніторингових даних, що зробило б Вашу програмну реалізацію більш уніфікованою?

Запитання № 2: Як Ви обґрунтовуєте наукову новизну запропонованої туманної архітектури, враховуючи, що як fog computing, так і методи машинного навчання вже є відомими та апробованими засобами обробки даних? У чому полягає саме Ваш внесок у їх поєднання для задач агромоніторингу?

Здобувач **Семенов С.Ю.** відповіді на запитання:

Відповідь на запитання № 1: Я ставив собі таке питання, проте на даному етапі це виявилося неможливим, оскільки різні джерела даних мають різні характеристики, масштаби, рівень шуму та структуру пропусків. Надмірна обробка може навіть погіршити інформативність даних. Тому набір процедур має визначатися адаптивно залежно від характеристик конкретного джерела та підготовки даних для подальших етапів аналізу. Отже, окремі типи даних проходили різні набори процедур препроцесингу.

Відповідь на запитання № 2: Наукова новизна полягає не у створенні нових окремих технологій fog computing чи машинного навчання, а в синтезі їхньої взаємодії в межах повного циклу інтелектуалізованого перетворення агромоніторингових даних. Запропонована архітектура визначає розподіл функцій між рівнями: первинна обробка виконується поблизу джерел даних, на туманному рівні реалізуються інтелектуальний аналіз, прогнозування та пояснення результатів, а серверний рівень забезпечує їх зберігання й представлення. При цьому враховується специфіка агромоніторингових даних і взаємозв'язок кліматичних, агротехнологічних та інших факторів із урожайністю. Тобто, новизна полягає саме в архітектурно-методологічному поєднанні та розподілі функціоналу цих відомих засобів для реалізації повного циклу інтелектуалізованого аналізу в задачах агромоніторингу.

Офіційний опонент д.т.н., проф. **Перекрест А.Л.** Відгук є позитивним. Зауваження та дискусійні положення:

1. Найбільш дискусійним, на мою думку, аспектом поданого

дисертаційного дослідження є недостатня обґрунтованість доцільності застосування туманної архітектури під час розв'язання визначеної автором науково-прикладної задачі. Адже в загальній практиці туманна архітектура покликана вирішувати проблеми високої частоти опитування польових IoT-сенсорів, зниження обсягів трафіку до хмари та локальної реакції.

2. Прогноз на рівні цілої країни (середня температура і опади по країні) не є показовим для точного землеробства, де клімат варіюється в межах кількох кілометрів.

3. Відсутня симуляція роботи децентралізованих вузлів (наприклад, у середовищах iFogSim або EdgeCloudSim) для підтвердження зниження затримок, про які йдеться у Розділі 2.

4. Алгоритми пояснювального штучного інтелекту LIME та ELI5 для часових рядів є відносно нестабільними, а отже, автору необхідно було б приділити увагу дослідженню метрик стійкості пояснень при малих збуреннях вхідних даних.

5. Відсутня оцінка економічної доцільності розгортання складних ML-моделей на пристроях рівня туманних обрахунків для прогнозування, яке виконується зі значним кроком дискретизації даних.

Здобувач **Семенов С.Ю.** надає коментарі на зауваження опонента:

Щодо зауваження № 2: У цій дисертації використано агреговані кліматичні дані для розроблення та перевірки підходів до прогнозування врожайності, що зумовлено основною метою роботи. Водночас просторова деталізація даних до рівня окремих полів або локальних агрокліматичних зон могла б підвищити практичну цінність прогнозів для точного землеробства.

Щодо зауваження № 3: У дисертації обґрунтовано структурно-функціональну організацію туманної архітектури та розподіл процедур обробки даних між її рівнями, що відповідало об'єкту і предмету досліджень цієї роботи. Водночас симуляційне моделювання в спеціалізованих середовищах дало б змогу кількісно оцінити затримки та порівняти ефективність запропонованого підходу з хмароцентричною архітектурою.

Загалом щодо всіх зауважень, висловлених опонентом проф. Перекрестом А.Л., здобувач Семенов С.Ю. погоджується з ними та вважає їх об'єктивними й доцільними під час подальших наукових досліджень.

Запитання проф. **Перекрест А.Л.**:

Запитання № 1: У дисертації та у своїй доповіді Ви декілька разів використали термін «повноциклова інтелектуалізована трансформація». Що принципово відрізняє цей термін від поняття прогнозування врожайності за допомогою ML-моделі?

Запитання № 2: Поясніть, будь ласка, в чому методологічна різниця між глобальним аналізом важливості ознак і локальним поясненням прогнозу в контексті Вашого дослідження? Яку додаткову інформацію дає LIME?

Здобувач **Семенов С.Ю.** відповіді на запитання:

Відповідь на запитання № 1: У контексті мого дисертаційного дослідження

повноциклова трансформація не обмежується побудовою прогнозної моделі та відповідними процедурами препроцесингу. У дисертації мною реалізовано попередню обробку даних, розвідувальний та кореляційний аналіз, відбір ознак, ML-прогнозування, інтерпретацію результатів за допомогою XAI та їх подальше використання для підтримки прийняття рішень у межах вебзастосунку. Тобто, ML є лише одним із функціональних етапів єдиного інформаційного процесу.

Відповідь на запитання № 2: Глобальні методи, зокрема MDI та Permutation Importance, дозволяють оцінити загальний внесок ознак у поведінку моделі на вибірці. LIME, як один із застосованих методів локального пояснення, навпаки, пояснює конкретний прогноз у локальній області простору ознак. У роботі це дозволило не лише визначити ключові фактори, а й оцінити, як конкретні інтервали температури, опадів та застосування пестицидів впливають на окремий прогноз.

Офіційний опонент д.т.н., проф. **Бабічев С.А.** Відгук є позитивним. Зауваження та дискусійні положення:

1. У першому розділі дисертації автор навів достатньо широкий огляд механістичних, геоінформаційних та інтелектуальних підходів до прогнозування врожайності, однак критерії їх порівняння переважно мають якісний характер. Отже, доцільно було б чіткіше формалізувати систему критеріїв, за якими визначено переваги саме запропонованого підходу.

2. У другому розділі автор детально описав структурно-функціональну й інформаційну моделі, які визначають взаємодію компонентів та послідовність трансформацій даних. Однак дискусійним залишається питання формального критерію ефективності запропонованої структури. Яким чином здійснювався вибір складу функціональних рівнів і розподіл процедур між ними?

3. Розроблений вебзастосунок, який детально описаний автором у четвертому розділі, демонструє практичну реалізацію запропонованої технології. Однак автор зосередив основну увагу на функціональній перевірці працездатності основних сценаріїв взаємодії користувача із системою. Доцільною була б також оцінка продуктивності системи за різної кількості одночасних запитів, зміни обсягів вхідних даних та навантаження на серверні компоненти.

4. У своєму дослідженні автор обирає дев’ять алгоритмів машинного навчання задля розробки прогнозної моделі, проте такий вибір є недостатньо обґрунтованим. Робота потребує більш чіткого теоретичного обґрунтування саме такої сукупності досліджуваних алгоритмів.

5. У роботі відсутня інформація щодо оптимізації гіперпараметрів моделей машинного навчання.

6. Оцінка статистичної значущості отриманих результатів також відсутня. Наприклад, різниця між R^2=0,9903 для Random Forest і R^2=0,9904 для Bagging Regressor становить лише 0,0001. Без розподілу результатів за фолдами або повторними розбиттями неможливо стверджувати, що Bagging справді кращий.

Найімовірніше, ці моделі слід вважати статистично еквівалентними в межах похибки експерименту. Це також стосується порівняння результатів інших моделей.

7. У тексті перед таблицею 3.17 зазначено, що значення R^2 є результатом усереднення за п’ятьма фолдами. Але в коді: модель навчається на X_train; прогноз виконується на X_test; усі значення таблиці записуються на основі y_test та y_pred; крос-валідація запускається окремо лише для виведення scores. Середнє значення mean_score не додається до таблиці. Тобто, судячи з наведеного коду, R^2 у таблиці 3.17 є результатом одноразового поділу даних на навчальну та тестову вибірки, а не середнім результатом 5-кратної крос-валідації.

Здобувач **Семенов С.Ю.** надає коментарі на зауваження опонента:

Щодо зауваження № 4: Сукупність досліджуваних алгоритмів обрано з метою порівняння різних підходів до регресійного прогнозування, зокрема лінійних, деревоподібних, ансамблевих та інших. Такий вибір дав змогу комплексно оцінити їхню придатність для прогнозування врожайності за використаного набору агромоніторингових даних.

Щодо зауваження № 7: У програмному коді для використаних регресійних моделей параметр score справді відповідає метриці R^2, а її середнє значення додатково визначається за результатами п’ятикратної крос-валідації. Водночас погоджуюся, що спосіб відображення результатів у таблиці 3.17 потребував би чіткішого розмежування значень R^2, отриманих на тестовій вибірці, та результатів крос-валідації.

Загалом щодо всіх зауважень, висловлених опонентом проф. Бабічевим С.А., здобувач Семенов С.Ю. погоджується з ними та вважає їх об’єктивними й доцільними під час подальших наукових досліджень.

Запитання проф. **Бабічев С.А.**:

Запитання № 1: Ваша модель ґрунтується на історичних даних. Як здійснюється оцінювання точності прогнозу врожайності на новий сезон, якщо прогноз необхідно сформувати ще до початку збирання врожаю? Які вхідні показники використовуються для прогнозування та яким чином оцінюється достовірність отриманих результатів?

Запитання № 2: У випадку, якщо до системи можна додати лише декілька сенсорів, то які параметри навколишнього середовища доцільно вимірювати в першу чергу та які сенсорні дані матимуть найбільший вплив на якість прогнозу?

Запитання № 3: Ваша розробка базується на туманній архітектурі, отже, які функціональні можливості розробленої системи залишаються доступними агроному у разі тимчасової втрати зв’язку з сервером або мережею передачі даних?

Запитання № 4: Яку модель Ви використовували в алгоритмі Bagging Regressor? Чим вона відрізняється від Random Forest?

Здобувач **Семенов С.Ю.** відповіді на запитання:

Відповідь на запитання № 1: Для формування прогнозу використовуються доступні на момент прогнозування дані, зокрема інформація про застосування

пестицидів, а також вірогіднісні дані щодо кількості опадів і температури. Достовірність прогнозу в такому випадку оцінюється шляхом порівняння прогнозних значень із фактичними наприкінці сезону за допомогою відповідних метрик точності прогнозування.

Відповідь на запитання № 2: У разі обмеженої кількості сенсорів доцільно насамперед забезпечити вимірювання температури та вологості повітря, а також температури ґрунту на різних глибинах. Ці параметри є важливими для оцінювання умов розвитку сільськогосподарських культур і можуть бути використані для підвищення точності прогнозування.

Відповідь на запитання № 3: У разі втрати зв'язку всі обчислення продовжують виконуватися локально, і агроному вони будуть доступні разом із результатами візуалізації після відновлення зв'язку та синхронізації інформації.

Відповідь на запитання № 4: Обидва ці алгоритми є ансамблевими. В обох випадках використовувалися стандартні налаштування гіперпараметрів модельних параметрів, тому результати Bagging Regressor і Random Forest є майже ідентичними?

За результатами розгляду дисертації, наукових публікацій здобувача, відповідей на запитання та обговорення разова спеціалізована вчена рада встановила, що Семенов С.Ю. набув теоретичних знань, умінь, навичок і компетентностей, достатніх для розв'язання комплексних науково-прикладних задач у сфері інженерії програмного забезпечення, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення, що відповідає вимогам Стандарту вищої освіти України зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (затверджений та введений в дію наказом МОН України від 25.05.2022 р. № 481) та ОНП «Інженерія програмного забезпечення», що запроваджена в НТУ «Дніпровська політехніка». Дисертація та наукові публікації здобувача характеризуються належним науковим і прикладним рівнем.

Здобувачем Семеновим С.Ю. дотримано принципів академічної доброчесності під час проведення наукового дослідження та підготовки дисертації й наукових публікацій, що підтверджується результатами їх розгляду разовою спеціалізованою вченою радою. Фактів академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації та фальсифікації не виявлено.

Разова спеціалізована вчена рада дійшла висновку, що дисертація здобувача Семенова С.Ю. на тему «Програмно-алгоритмічне забезпечення інтелектуалізованої трансформації вимірювальних даних агромоніторингу на основі туманної архітектури» та його наукові публікації, у яких висвітлено основні наукові результати дисертаційного дослідження, відповідають вимогам пунктів 6, 8 і 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії». Зокрема, радою підтверджено самостійність виконання здобувачем дисертаційного дослідження,

що вирішує важливу науково-прикладну задачу в сфері інженерії програмного забезпечення, наявність обґрунтованих наукових результатів і висновків, належний рівень їх наукового опрацювання та відображення основних результатів дисертації в наукових публікаціях, а також дотримання встановлених вимог до оформлення дисертації та оприлюднення її результатів.

Звернень інших осіб до разової спеціалізованої вченої ради не надходило.

Результати відкритого голосування:

Член разової спеціалізованої вченої ради	**Результат голосування**
Швачич Геннадій Григорович, голова	За
Мороз Борис Іванович, рецензент	За
Каштан Віта Юріївна, рецензент	За
Перекрест Андрій Леонідович, офіційний опонент	За
Бабічев Сергій Анатолійович, офіційний опонент	За

«За» ___5___ членів ради,

«Проти» ___0_____ членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує **Семенову Сергію Юрійовичу** ступінь доктора філософії з галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради _____ Геннадій ШВАЧИЧ