

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Західноукраїнського
національного університету
Микола ДИВАК



2 січня 2026р.

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів
дисертації Тимчишина Богдана Степановича на тему
«Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління
екосистемою міста» поданої на здобуття ступеня доктора філософії в
галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121
«Інженерія програмного забезпечення»**

Витяг

із протоколу засідання фахового семінару кафедри комп'ютерних наук
від 31 грудня 2025 р., протокол № 7

ПРИСУТНІ:

проректор з наукової роботи, доктор технічних наук, професор Дивак М.П., завідувач кафедри комп'ютерних наук, доктор технічних наук, професор Пукас А.В. (рецензент), професор кафедри комп'ютерних наук, доктор технічних наук, професор Мельник А.М. (голова засідання), професор кафедри кібербезпеки, доктор технічних наук, професор Пасічник Р.М. (рецензент), професор кафедри комп'ютерних наук, доктор технічних наук, доцент Манжула В.І. (науковий керівник), завідувач кафедри кібербезпеки, доктор технічних наук, професор Яцків В.В., професор кафедри кібербезпеки, доктор технічних наук, професор Касянчук М.М., декан факультету комп'ютерних інформаційних технологій, кандидат технічних наук, доцент Якименко І.З., доцент кафедри інформаційно-обчислювальних систем та управління, кандидат технічних наук, доцент Коваль В.С., професор кафедри фінансових технологій та банківського бізнесу, доктор економічних наук, професор Стецько М.В., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат економічних наук, доцент Гончар Л.І., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Співак І.Я., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Порплиця Н.П., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Крепич С.Я., доцент кафедри комп'ютерних

наук, кандидат технічних наук, доцент Шпінталь М.Я., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук доцент Марценюк Є.О., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Стасів І.С., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Войтюк І.Ф., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук, доцент Шевчук Р.П. (онлайн), доцент кафедри комп'ютерних наук, доктор філософії Папа О.А., старший викладач кафедри комп'ютерних наук, доктор філософії Тимчишин В.С., викладач кафедри комп'ютерних наук, доктор філософії Сімак А.Ю., доцент кафедри комп'ютерних наук, кандидат технічних наук Масляк Ю.Б., старший лаборант кафедри Сімак О. Г.

З присутніх – 7 докторів технічних наук, 11 кандидатів технічних наук, та 3 доктори філософії фахівці за профілем поданої на розгляд дисертації.

ПОРЯДОК ДЕННИЙ:

Обговорення дисертаційного дослідження дисертанта Тимчишина Богдана Степановича на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» поданої на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 12 «Інформаційні технології» за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» щодо її рекомендації для захисту.

СЛУХАЛИ:

Доповідь здобувача Тимчишина Богдана Степановича про результати дисертаційного дослідження на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста».

Доповідач обґрунтував актуальність обраної теми, визначив мету, завдання, охарактеризував об'єкт та предмет дослідження, виклав основні наукові положення, що виносяться на захист.

У доповіді автор довів необхідність переходу до проактивної моделі управління, яка базується на випереджувальному аналізі станів екосистеми міста та запобіганні екологічним ризикам, обґрунтував підходи та необхідність розроблення інтелектуалізованої програмної системи проактивного управління екосистемою міста. Провів компаративний аналіз класів математичних моделей розсіювання домішок в атмосфері та визначив, що для задач оперативного сценарного аналізу, який вимагає багаторазових розрахунків у прийнятному часі, оптимальними є Гаусові моделі, зокрема обчислювальне ядро AERMOD. Здійснив критичний огляд існуючих програмних засобів: AERMOD View, BREEZE AERMOD, SCREEN View. Виявив критичний технологічний розрив – існуючі пакети є монолітними десктопними додатками, орієнтованими на статичний проектний аналіз та ручне введення даних.

В роботі автор розробив та обґрунтував гібридну архітектуру збору та інтеграції даних. Дана архітектура використовує онтологію UESO як центральний семантичний хаб, що інкапсулює складність гетерогенних джерел (AERMET, BPIPFRM, кадастр об'єктів теплогенерації) та відокремлює логіку знань від зберігання артефактів (файлове сховище) та високопродуктивних гео-даних (PostGIS). На базі онтології UESO здійснив формалізоване визначення двох типів проактивного аналізу: оцінювального та оптимізаційного сценаріїв.

У межах дослідження здобувач розробив математичну постановку задачі комбінаторної оптимізації розміщення джерел антропогенного забруднення, зокрема об'єктів теплогенерації враховуючи забудову міста. На відміну від класичних геометричних задач розміщення, запропонований підхід враховує суперпозицію полів концентрацій та використовує модель AERMOD як «чорну скриньку» для обчислення цільової функції. Для гарантування дотримання екологічних стандартів цільова функція модифікована методом штрафних функцій, що дозволяє мінімізувати максимальний ризик перевищення ГДК у точках-рецепторах.

Автором запропоновано метод інтелектуалізованого вибору стратегії оптимізації, який базується на аналізі складності задачі. Введення порогів складності та масштабу дозволяє системі автоматично перемикатися між повним перебором (для тривіальних задач), D-PSO (для задач тактичного рівня) та D-ABC (для стратегічних задач високої розмірності). Адаптовано метаевристичні алгоритми (генетичний алгоритм, дискретний метод рою часток, дискретний алгоритм бджолої колонії) для вирішення задач дискретної оптимізації фіксованої розмірності у фреймворку DEAP. Проведено апробацію методу на прикладі розміщення трьох когенераційних установок у м. Тернопіль.

В роботі здобувач спроектував гнучку сервіс-орієнтовану архітектуру програмної системи, ключовим елементом якої є розробка спеціалізованих сервісів-обгорт. Це дозволило успішно інтегрувати ядро регуляторної моделі AERMOD у сучасне веб-середовище, забезпечивши автоматизацію повного циклу розрахунків без необхідності ручного втручання в консольні процеси. Розгортання системи в кластері Kubernetes гарантує динамічне масштабування обчислювальних ресурсів при зростанні навантаження. Автором розроблено інтерактивний веб-інтерфейс користувача із застосуванням UX-патернів, спрямованих на зниження когнітивного навантаження на користувача. Реалізовані інструменти візуалізації (теплові карти забруднення, ізолінії, інтерактивні шари забудови) дозволяють оперативно інтерпретувати результати моделювання та приймати обґрунтовані управлінські рішення без необхідності глибокого аналізу текстових звітів. Результати навантажувального тестування засвідчили суттєве підвищення продуктивності: завдяки автоматизації підготовки даних та розпаралелення

обчислень час отримання розрахункового сценарію скорочено з годин (при ручному режимі) до хвилин (у 24 рази), що робить систему придатною для оперативного та гнучкого управління.

Після завершення доповіді Тимчишину Б.С. присутніми були поставлені такі запитання:

д.т.н., професор Пасічник Р.М.: На мою думку, в Вашій роботі одним з ключових елементів є побудова онтології для формалізації або для спрощення інтеграції інформації в цю систему. Які типи даних заявлено в постановці задачі? Що зовсім різнорідні типи даних можете інтегрувати? Можете якийсь конкретний приклад навести, що вдалося інтегрувати?

Відповідь: Дякую за запитання. Дійсно, онтологія UESO (Urban Emission Source Ontology) у моїй роботі виконує роль семантичного інтеграційного хабу, який вирішує проблему «файлової розрізненості», характерної для класичного екологічного моделювання. У постановці задачі було заявлено інтеграцію чотирьох принципово різних за своєю природою типів даних: Геопросторові дані: растрові цифрові моделі рельєфу (DEM/GeoTIFF) та векторні дані міської забудови (Shapefile/GeoJSON). Ці дані потребують обробки препроцесорами AERMAP та BPIPPRM; часові ряди метеоданих: Сирі текстові дані спостережень та результати роботи препроцесора AERMET, які потребують зв'язку конкретного сценарію моделювання з фізичними профілями атмосфери; Технологічні/Кадастрові дані: реляційні таблиці (PostgreSQL), Excel-специфікації обладнання, до яких відносяться параметри труб (висота, діаметр), швидкість та температура газів, потужність викидів для різних речовин (NOx, CO, SO₂); регуляторні та управлінські знання: гранично допустимі концентрації (ГДК), типи джерел, зв'язки між джерелом і паливом, а також параметри самих сценаріїв.

Проблемою було те, що на вхід, наприклад, препроцесорів AERMAP, в AERMET, йшли абсолютно різні типи даних для кожного препроцесору. Відповідно, в даній дисертаційній роботі вдалося досягнути того, що онтологічна модель UESO дозволяє зберігати, валідувати і проводити в єдиний формат для того, щоб автоматизувати і пришвидшити роботу даної системи. Найкращим прикладом є створення індивіда «Оптимізаційний сценарій» для розміщення нових когенераційних установок (КГУ) у м. Тернопіль.

д.т.н., професор Пасічник Р.М.: Добре, тепер також один з основних, я вважаю, результатів цієї роботи – це є оптимізація, задача оптимізації. Там сказано, що ви на 18-30% прискорюєте досягнення завершення цієї задачі і отримаємо субоптимальне рішення. Які критерії оптимальності, у Вас, цих рішень?

Відповідь: Дякую за запитання. Критерій оптимальності в моїй роботі є багаторівневим: він поєднує мінімізацію екологічного впливу з жорсткими інженерно-економічними рамками. Головний екологічний критерій (Цільова функція). Математично ми мінімізуємо цільову функцію, яка представляє

собою максимальну приземну концентрацію у контрольній групі рецепторів (житлова забудова, лікарні, школи).

Важливо підкреслити, що оптимізація відбувається не на всій карті міста, а на попередньо відфільтрованій множині допустимих локацій. Ще до запуску алгоритму ми закладаємо обмеження: фізичні – це доступність земельної ділянки, відстань до точок підключення інженерних мереж (газ, електрика), наявність охоронних зон; економічні – це вартість прокладання комунікацій та вартість оренди/купівлі землі. Таким чином, ми не витрачаємо обчислювальний ресурс на аналіз точок, де будівництво неможливе технічно або занадто дороге. Алгоритм обирає найкраще рішення тільки серед реалістичних варіантів. Отже, оптимальне рішення у моїй системі – це локація, яка є технічно доступною та економічно доцільною (закладено у вхідній множині) і при цьому забезпечує найнижчий рівень забруднення.

Щодо «субоптимальності» та прискорення, то термін «субоптимальне рішення» вживається тут у контексті NP-складних задач. Щоб знайти гарантовано глобальний оптимум (абсолютно найкращу точку), необхідно застосувати метод повного перебору). Це вимагає велику кількість звернень до AERMOD і займає понад 14 годин машинного часу. Запропонований в роботі адаптивний метод на основі метаевристичних алгоритмів знаходить рішення, яке відрізняється від глобального оптимуму на деякий відсоток, проте час пошуку скорочується до 20-30 хвилин.

д.т.н., професор Пасічник Р.М.: Добре, дякую. І ще в мене запитання. Є один з пунктів новизни, де у Вас сказано, що Ви покращуєте постановку задачі. Саме на відміну від існуючих, чи можете трошки детальніше? В чому там покращення постановки задачі, щоб оцінити наскільки цей пункт новизни виконаний.

Відповідь: Дякую за запитання. Удосконалення математичної постановки задачі полягає у зміні парадигми оптимізації: здійснено перехід від класичної геометричної задачі розміщення до задачі оптимізації суперпозиції концентрацій забруднення (фонові та від нових джерел) в точках – рецепторах в умовах складного середовища. Традиційно такі задачі вирішуються як геометричні (наприклад, задачі пакування). Цільова функція там – це максимізація евклідової відстані до житлових зон. Тобто вважається: «чим далі джерело, тим краще». У запропонованій постановці доведено, що в умовах міста проста відстань не працює через рельєф, вітер та забудову. Тому цільовою функцією виступає результат роботи чисельної моделі (AERMOD). Ми мінімізуємо не відстань, а розрахункову приземну концентрацію, що враховує аеродинаміку та метеорологію. Задача сформульована з урахуванням фонового забруднення. Суть покращення в тому, що замість максимізації геометричної відстані до будинків (як це роблять класичні методи), ми мінімізуємо прогнозовану концентрацію забруднення, враховуючи розу вітрів, рельєф, забудову та вже існуючий рівень загазованості району.

Введено обмеження на простір пошуку, звузивши його до скінченної множини інженерно-придатних локацій. Це перетворило задачу на задачу комбінаторної оптимізації, що дозволило застосувати адаптовані дискретні метаевристичні алгоритми та гарантувати, що знайдене рішення буде фізично реалізованим. Новизна полягає в тому, що замість абстрактного розміщення точок на площині, сформульовано задачу розміщення джерел як задачу мінімізації екологічного ризику з використанням «чорної скриньки» (AERMOD) у циклі оптимізації

д.т.н., професор Дивак М.П.: Я хочу, щоб ви показали мету роботи. Є підвищення ефективності управління екосистемою урбанізованих територій шляхом інтелектуалізації, процесів підтримки на основі розробки і так далі. Покажіть тепер наукову новизну. Перша наукова новизна стосується створення якогось єдиного джерела. Другий – це точність розв'язку в умовах обчислювальної складності. Третій – до функціоналу інтелектуалізованої системи, що спрощує подальшу її підтримку. Четвертий – постановка задачі не може бути винесена на наукову новизну, тому що наукову новизну треба доводити. Якщо ви поставили задачу і її не розв'язали, відповідно ви наукову новизну не доведете. Наукова новизна можливо не корелює з вашою метою, що означає, що мета дисертаційного дослідження не досягнута або потребує корекції, так. Що Ви скажете про це?

Відповідь: Дякую за ґрунтовне запитання. Дозвольте обґрунтувати зв'язок між пунктами наукової новизни та досягненням мети роботи. Я повністю погоджуюсь, що ефективність – це кількісна категорія. У моїй роботі підвищення ефективності управління вимірюється двома конкретними метриками: часом прийняття рішення (оперативність) та якістю знайденого рішення (точність/оптимальність). Дозвольте продемонструвати, як кожен пункт новизни впливає на ці показники:

Щодо пункту 1 (Онтологічна модель UESO). Саме цей пункт забезпечує часову ефективність. Без онтології підготовка даних для моделі AERMOD займає близько 2 годин ручної роботи (збір даних, конвертація, валідація). Розроблена мною семантична модель дозволила автоматизувати цей процес, зменшивши час до хвилин. Підвищення ефективності у 24 рази підтверджено в табл. 4.1. Це прямий наслідок першого пункту новизни.

Щодо пункту 2 – адаптивного методу оптимізації. Цей пункт забезпечує обчислювальну ефективність. Класичний метод повного перебору для знаходження оптимального місця джерела вимагає годин роботи сервера. Запропонований адаптивний метод, заснований на гібридизації метаевристик, знаходить рішення за хвилини. Відповідно, скорочення витрат машинного часу у рази і є кількісним показником ефективності.

Щодо пункту 4 – математична постановка задачі. Ви слушно зауважили, що сама по собі постановка не є розв'язком. Проте, наукова новизна полягає саме у формалізації задачі як задачі суперпозиції концентрацій забруднення у

дискретному просторі, на відміну від класичних геометричних постановок. Ця задача була розв'язана за допомогою методу з пункту 2. Якби ми використовували геометричну постановку, ми б отримали рішення швидко, але воно було б екологічно неефективним або хибним, бо не враховує вітер, фон та забудову. Тому нова постановка є необхідною умовою для якісної ефективності управління – прийняття правильних, а не просто швидких рішень.

Тому, вважаємо, що мета роботи досягнута, оскільки сукупність запропонованих нових наукових результатів дозволила створити систему, яка виконує повний цикл аналізу в 24 рази швидше і знаходить рішення, що мінімізують концентрацію забруднення на 18-30% ефективніше за стандартні евристики. Ці цифри є прямим доказом підвищення ефективності.

д.т.н., професор Дивак М.П.: Скажіть, будь ласка, в теорії автоматичного управління, це робота по технічній науці, чи є такий термін – проактивне управління? Що ви під ним розумієте?

Відповідь: Дякую за уточнення. У контексті даної роботи термін «управління» розглядається не як автоматичне регулювання технічним об'єктом, а як процес прийняття організаційно-технічних рішень у складній системі (людина-машина). Тому «проактивне управління» ми трактуємо через призму «Теорії прийняття рішень» та «Систем підтримки прийняття рішень (СППР)».

Сутність проактивності полягає в тому, що у класичному (реактивному) циклі рішення приймається як реакція на подію, що вже сталася, наприклад, скарга мешканців або фіксація перевищення ГДК постом моніторингу. У моїй роботі проактивність – це здатність системи генерувати та оцінювати альтернативні сценарії розвитку подій до моменту прийняття рішення. Таким чином, проактивне управління в даній дисертації – це сценарне моделювання, яке знижує невизначеність для експерта і дозволяє попередити виникнення екологічних ризиків, а не ліквідовувати їх наслідки.

д.т.н., професор Дивак М.П.: У Вас здійснюється вибір різних алгоритмів оптимізації. За якими правилами вибирається той чи інший алгоритм. Ви використовуєте алгоритми бджолоїної колонії, генетичний алгоритм та рою частинок. Як Ви здійснюєте перемикавання? Залежно від розв'язування задачі в процесі розв'язування задачі чи перед розв'язуванням задачі?

Відповідь: Дякую за запитання. Вибір конкретного алгоритму здійснюється автоматично перед початком розв'язування задачі. Перемикавання не відбувається «на льоту», оскільки це було б неефективно з точки зору ресурсів. Натомість працює розроблений метод вибору стратегії, який базується на оцінці розмірності простору пошуку. Логіка вибору полягає у такому: мала розмірність (тривіальні задачі) – використовується повний перебір, середня розмірність (тактичні задачі) – дискретний метод рою часток, який має швидко збіжність. Він швидко знаходить «хороше» рішення, що

ідеально підходить для задач оперативного реагування, де час є критичним фактором. Висока розмірність (стратегічні задачі), наприклад, розміщення кількох джерел одночасно у великому місті (кількість комбінацій перевищує порогове значення) – алгоритм бджолоїної колонії. Бджолиний алгоритм має кращі механізми диверсифікації пошуку – тобто він краще досліджує нові території і з більшою ймовірністю знаходить глобальний оптимум, хоча і працює довше. Таким чином, критерієм перемикання є прогнозована обчислювальна складність.

В онтології реалізовано динамічний вибір: на основі параметрів задачі онтологічна модель, використовуючи закладені в ній предикати та пороги складності та масштабу, логічно виводить, який алгоритм із заданої множини необхідно застосувати.

д.т.н., професор Дивак М.П.: Скажіть, будь ласка, де опубліковано результати дисертації, в яких статтях і який пункт наукової новизни? Чи все опубліковано з того, що Ви представляли?

Відповідь: Так, всі результати опубліковані. В цілому за результатами дисертаційних досліджень опубліковано 7 наукових праць, зокрема 3 статті у фахових наукових виданнях, 3 публікації у матеріалах міжнародних конференцій, матеріали яких є періодичними виданнями та індексуються наукометричною базою Scopus та 1 у матеріалах всеукраїнської конференції з міжнародною участю.

д.т.н., професор Пукас А.В.: Моє питання. Богдан, дайте визначення екосистема міста. Що вона включає?

Відповідь: Дякую за запитання. Дозвольте уточнити межі поняття. У своїй роботі я розглядаю екосистему міста як складну гетерогенну систему, що складається з трьох взаємопов'язаних компонентів: техносфера, яка включає стаціонарні об'єкти (котельні, підприємства) та інфраструктура, що генерують емісію; середовище поширення – це атмосфера з її метеорологічними параметрами, рельєф місцевості та геометрія забудови; біосоціальна складова (рецептори) – це населення та чутливі об'єкти інфраструктури (школи, лікарні), на які здійснюється вплив.

Термін «екосистема міста» у назві вказує на об'єкт управління та системний характер взаємодій, які моделюються, і не претендує на охоплення всіх без винятку біологічних чи інших процесів.

к.т.н., доцент Коваль В.С.: Я хотів звернути до увагу на такий момент. У вас у назві фігурує «інтелектуалізована програмна система». Чим викликана саме потреба такої інтелектуалізованої системи?

Відповідь: Дякую за запитання. Потреба в інтелектуалізації викликана трьома критичними факторами, які неможливо вирішити засобами традиційного програмування: по-перше – необхідність вирішення NP-складних задач оптимізації. Задача розміщення джерел з урахуванням суперпозиції полів є комбінаторною задачею високої розмірності. Традиційна

система могла б вирішити її лише повним перебором, що займає години або дні. Інтелектуалізована система використовує метаевристичні алгоритми, які імітують природну еволюцію. Це дозволяє знаходити субоптимальне рішення в умовах невизначеності за прийнятний час. Здатність знаходити рішення в таких умовах є ознакою інтелектуальності. по-друге – подолання семантичного розриву. Традиційні системи (наприклад, AERMOD View) працюють лише з синтаксисом: вони вимагають від користувача введення правильних даних. Інтелектуалізована система базується на онтології. Вона «розуміє» предметну область і правила їх взаємодії. Це дозволяє системі автоматично валідувати сценарії на логічному рівні, виявляти колізії та доповнювати відсутні дані, виступаючи як експертна система.

Таким чином, інтелектуалізація розробленої системи базується на синергії трьох компонентів: семантичного моделювання, еволюційних обчислень та логічного виведення. Система трансформується з пасивного інструменту в інтелектуального агента, який здатний: розуміти контекст завдяки онтології, що забезпечує семантичну валідацію даних; адаптуватися до складності шляхом застосування метаевристик для пошуку рішень в умовах невизначеності; приймати автономні рішення, наприклад, щодо вибору стратегій обчислення на основі формалізованих правил.

к.т.н., доцент Коваль В.С.: В чому полягають переваги тих архітектурних рішень, які ви пропонуєте?

Відповідь: Дякую за запитання. Запропонована мною сервіс-орієнтована архітектура з використанням патерну Microservices та Wrapper-адаптерів вирішує три критичні проблеми, які неможливо вирішити в рамках класичних монолітних підходів. Це інтеграція обчислювальних модулів в сучасний Web. Ядро AERMOD – це консольний додаток на Fortran, розроблений десятиліття тому. Він не використовує з API, JSON чи бази даних, тому розроблено спеціалізовані сервіси-обгортки, які дозволяють інкапсулювати складну логіку запуску AERMOD, перетворивши «чорну скриньку» на керований мікросервіс зі стандартизованим REST API. Друге – це горизонтальне масштабування. Оптимізаційні задачі вимагають тисяч запусків моделі. Якщо це робити в одному потоці (як у десктопних аналогах), інтерфейс «зависає» на години. Використанням черг повідомлень (Message Broker) та контейнеризація (Docker/Kubernetes) ми розділили інтерфейс і обчислення. Система може запускати десятки екземплярів AERMOD паралельно. Це дозволило скоротити час розрахунку складних сценаріїв з годин до хвилин, забезпечуючи чутливість інтерфейсу для користувача. І третє – це семантична цілісність даних. оскільки реляційні бази даних погано підходять для зберігання складної ієрархії правил екологічного моделювання, гібридне сховище на базі онтології UESO забезпечує винесена з коду програми логіки валідації даних в модель даних. Ці архітектурні рішення дозволили перетворити набір розрізнених інструментів на єдиний автоматизований

конвеєр, що і забезпечило досягнення головного результату дисертації – скорочення операційного часу в 24 рази.

к.т.н., доцент Сегін А.І.: Дисертаційна робота була зроблена на дослідженні теплогенерації. Чому саме ці об'єкти, а інші Ви не враховували? Тому що ці найпоширеніші і мають найбільший вплив на екологію? А чим це доведено?

Відповідь: Дякую за запитання. Вибір саме об'єктів теплоенергетики (котелень, ТЕЦ, когенераційних установок) як об'єкта апробації не є випадковим і обґрунтований управлінським фактором. Зараз в Україні відбувається процес децентралізації опалення. В умовах руйнування централізованої енергетичної інфраструктури Україна вимушено переходить до концепції розподіленої генерації. Замість однієї великої ТЕЦ будується багато квартальних котелень. Виникає комбінаторна задача: де розмістити ці нові джерела. Для теплогенерації ця задача є критично важливою саме на етапі проектування.

к.т.н., доцент Якименко І.З.: Двадцятий слайд, будь-ласка. Що таке розмірність задачі? Так, в таблиці наведено «розмірність задачі». Що ви розумієте під розмірністю задачі?

Відповідь: Це показник, який визначає обчислювальну складність. Оскільки задача дискретна, розмірність простору пошуку – це кількість можливих комбінацій розміщення k джерел у m доступних локаціях. Вона розраховується як біноміальний коефіцієнт (число комбінацій без повторень).

Після відповідей дисертанта з характеристикою його наукової зрілості виступив **науковий керівник, доктор технічних наук, доцент Манжула Володимир Іванович** із висновком.

У висновку наукового керівника було зазначено, що дисертаційна робота є самостійно виконаним, завершеним науковим дослідженням, що відповідає затвердженій Вченою радою темі та поставленій меті, має встановлену вимогами структуру: анотацію, вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел, містить наукові положення, що мають наукову новизну та важливе практичне значення для вирішення завдань управління екосистемою міста на основі застосування інтелектуалізованої програмної системи для сценарного аналізу для об'єктів теплогенерації.

У процесі виконання дисертаційного дослідження Тимчишин Б.С. проявив здатність самостійно розв'язувати складні науково-технічні завдання, достатній рівень теоретичної підготовки в галузі інженерії програмного забезпечення та практичні навички розроблення складних програмних систем. Науковий керівник відзначив належний рівень володіння англійською мовою, активну апробацію результатів дослідження на міжнародних наукових конференціях, а також сумлінне виконання індивідуального навчального і наукового планів підготовки доктора філософії.

У висновку науковий керівник зазначив, що дисертація Тимчишина Б.С. є завершеною та самостійною роботою і може бути рекомендована до розгляду та захисту у спеціалізованій вченій раді.

Після цього слово було надано **рецензентам** дисертаційної роботи:

д.т.н., професор Пасічник Р.М.: дисертація, присвячена розробці інтелектуалізованої програмної системи для проактивного управління екосистемою урбанізованих територій, є вагомим внеском у розвиток інформаційних технологій екологічного моніторингу та підтримки прийняття рішень. Автор чітко визначив мету дослідження – підвищення ефективності управління екосистемою міста шляхом створення інструментів інтелектуалізованого сценарного аналізу та оптимізації розміщення джерел техногенного навантаження – і послідовно досягнув поставленої мети.

Актуальність теми дисертації не викликає сумнівів, оскільки в умовах щільної міської забудови та необхідності розгортання розподіленої теплової генерації (зокрема в умовах повоєнного відновлення), ефективне просторове планування безпосередньо впливає на здоров'я населення та санітарно-гігієнічний стан міст. Автор переконливо обґрунтовує необхідність переходу від реактивних методів («post-factum» моніторингу) до проактивних інтелектуалізованих систем, здатних прогнозувати ризики та оптимізувати управлінські рішення ще на етапі проектування.

Наукова новизна здобувача полягає у розробленні онтологічної моделі для семантичної інтеграції гетерогенних даних екологічного моніторингу, а також методу адаптивної оптимізації розміщення джерел емісії. Особливої уваги заслуговує запропонований підхід до вирішення задачі розміщення, що ґрунтується на врахуванні суперпозиції фізичних полів концентрацій (на базі моделі AERMOD) та використанні метаевристичних алгоритмів. Такий підхід є методично обґрунтованим і принципово відрізняється від традиційних геометричних постановок задач розміщення, дозволяючи знаходити субоптимальні рішення за прийнятний час навіть для задач високої розмірності.

Теоретичне значення результатів дослідження полягає у розвитку методів математичного моделювання та сценарного аналізу складних систем в умовах невизначеності, зокрема шляхом застосування онтологічного підходу для формалізації знань про предметну область та побудови автоматизованих ланцюжків моделювання. Запропоновані моделі та алгоритми створюють підґрунтя для подальших досліджень у галузі автоматизованих систем екологічного менеджменту.

Практичне значення дисертаційної роботи полягає у проектуванні, розробці та апробації інтелектуалізованої програмної системи «Есо-City», яка забезпечує повний цикл автоматизації: від збору даних та їх валідації до проведення розрахунків на базі ядра AERMOD та візуалізації результатів. Реалізоване програмне забезпечення, побудоване на мікросервісній архітектурі, впроваджене та може бути використане для розробки схем тепlopостачання

міст, оцінки впливу на довкілля (ОВД) та аналітичної підтримки рішень муніципальних органів влади, що підтверджує практичну цінність отриманих результатів.

Текст дисертаційної роботи пройшов перевірку на наявність текстових запозичень. За результатами перевірки, порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, само плагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертаційній роботі Тимчишина Б.С. на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста», не виявлено.

Дисертаційна робота Тимчишина Б.С. на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії, і може бути рекомендована до розгляду та захисту у разовій спеціалізованій вченій раді за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

д.т.н., професор Пукас А.В. у своєму виступі відзначив, що дисертаційну роботу присвячено розв'язанню важливої науково-технічної задачі – підвищення ефективності управління екосистемою урбанізованих територій шляхом розробки інтелектуалізованої програмної системи для сценарного аналізу та оптимізації розміщення джерел техногенного навантаження. Особливий акцент зроблено на інтеграції регуляторної моделі розсіювання AERMOD та сучасні методи комбінаторної оптимізації для вирішення задач просторового планування теплової генерації.

Безперечною перевагою дисертаційної роботи є її ґрунтовна апробація на міжнародних конференціях. За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 7 наукових праць, зокрема 3 статті у фахових наукових виданнях, 3 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій, що індексуються наукометричною базою Scopus. Також слід відмітити впровадження отриманих результатів (програмної системи у «Еco-City») в роботу «Тернопільськтеплокомуненерго» Тернопільської міської ради при організації робіт з планування модернізації системи тепlopостачання та екологічного моніторингу.

Текст дисертаційної роботи пройшов перевірку на наявність текстових запозичень. За результатами перевірки, порушень академічної доброчесності (академічного плагіату, самоплагіату, фабрикації, фальсифікації) в дисертаційній роботі Тимчишина Б.С. на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста», не виявлено.

Дисертаційна робота Тимчишина Богдана Степановича відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 -Інженерія програмного забезпечення, і може бути рекомендована до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

На підставі результатів обговорення присутні на засіданні

Постановили:

Прийняти висновок щодо дисертаційної роботи Тимчишина Богдана Степановича на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» як такої, що відповідає вимогам, які заявлені до дисертації.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Обґрунтування вибору теми дослідження. Актуальність дисертаційної роботи обумовлена загостренням проблеми забруднення атмосферного повітря в урбанізованих екосистемах, що є одним із ключових викликів сталого розвитку у XXI столітті. Зростання міст, ущільнення забудови та розвиток енергетичної інфраструктури локальних рівнів призводять до формування складних полів антропогенного навантаження, що безпосередньо впливає на здоров'я населення та стан довкілля. Особливої гостроти ця проблема набуває для України в контексті післявоєнної відбудови та стратегічного курсу на децентралізацію енергетичної системи. Розгортання мережі локальних котелень та когенераційних установок, що є ключовим елементом підвищення енергетичної безпеки міст, водночас створює нові виклики для систем екологічного моніторингу та управління. В умовах децентралізації енергетики України, яка передбачає перехід від вразливих централізованих схем до розподіленої генерації (зокрема, впровадження когенераційних установок малої та середньої потужності), важливим стає питання вибору оптимальних локацій для розміщення нових об'єктів техногенного навантаження.

Традиційні підходи до оцінки якості повітря, що базуються на даних стаціонарних постів спостереження, мають реактивний характер. Вони надають лише узагальнену картину, не дозволяючи виокремити внесок конкретних джерел та оперативно прогнозувати наслідки змін у міській інфраструктурі. Це формує нагальну науково-технічну задачу, що полягає у подоланні розриву між наявними складними математичними моделями розсіювання, призначеними для вузькоспеціалізованих наукових розрахунків, та практичними потребами міських служб на основі розробки доступного та гнучкого інструменту для підтримки прийняття управлінських рішень.

Таким чином, розроблення інтелектуалізованої програмної системи, яка б поєднувала точність регуляторних моделей розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, семантичну інтероперабельність даних та методи проактивного сценарного аналізу для оперативного прийняття рішень, є актуальним науково-прикладним завданням, що має важливе значення для сталого розвитку та екологічної безпеки міст. Її вирішення дозволить перетворити складне екологічне моделювання на доступний та зрозумілий інструмент для щоденної

роботи міських служб, що сприятиме прийняттю науково обґрунтованих рішень у процесах планування, модернізації та розвитку інфраструктури українських міст.

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

Результати дисертаційного дослідження отримано в межах виконання молодіжного науково-дослідного дослідження на тему «Математичне та програмне забезпечення прототипу біогазової установки з підвищеною ефективністю функціонування» (державний реєстраційний номер 0124U000076).

Мета та завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління екосистемою міста шляхом інтелектуалізації процесів підтримки прийняття рішень на основі розробки онтологічних моделей, методів адаптивної оптимізації та програмної системи для проактивного сценарного аналізу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести критичний аналіз методів та програмних засобів управління екосистемою міста. Обґрунтувати перехід від реактивної моделі управління до проактивної та доцільність використання Гаусових моделей (AERMOD) як обчислювального ядра, а також виявити архітектурні обмеження існуючих систем, що унеможливають їх автоматизоване використання;

- розробити онтологічну модель для семантичної інтеграції гетерогенних даних міської екосистеми та здійснити математичну формалізацію оцінювальних та оптимізаційних сценаріїв з метою розробки «єдиного джерела істини» та виключення людського фактору з рутинного контуру підготовки даних для моделювання;

- сформулювати задачу розміщення нових джерел забруднення як задачу дискретної комбінаторної оптимізації з мінімізацією цільової функції, яка відображає індекс забруднення у контрольних точках-рецепторах;

- розробити метод адаптивної оптимізації для сценарного аналізу безпечних локацій розміщення нових теплогенеруючих потужностей у щільній міській забудові;

- спроектувати архітектуру та здійснити програмну реалізацію інтелектуалізованої системи проактивного управління екосистемою міста;

- провести експериментальну апробацію запропонованих методів та програмної системи на задачі оптимізації розміщення когенераційних установок у реальному міському середовищі.

Об'єкт дослідження. Процеси інформаційної підтримки прийняття рішень при управлінні екосистемою урбанізованих територій.

Предмет дослідження. Моделі, методи та архітектура інтелектуалізованої програмної системи для проактивного сценарного аналізу та оптимізації розміщення джерел техногенного навантаження.

Методи дослідження. Теоретичною та методологічною основою роботи стали: методи системного аналізу та теорії інформаційних систем – для аналізу предметної області, декомпозиції науково-технічної задачі та критичної оцінки існуючих програмних рішень; методи математичного моделювання та теорії оптимізації, зокрема метаевристичні алгоритми, – для розробки інтелектуального методу оптимального просторового розміщення джерел викидів на основі ітераційного використання зовнішнього обчислювального ядра; принципи об'єктно-орієнтованого аналізу та проектування з використанням мови UML – для розробки інформаційної моделі предметної області та проектування сервіс-орієнтованої архітектури програмної системи; методи сучасної інженерії програмного забезпечення – для програмної реалізації ключових компонентів системи, включаючи модуль-інтегратор та веб-інтерфейс; методи обчислювального експерименту та імітаційного моделювання – для проведення апробації розробленого програмного комплексу, перевірки працездатності оптимізаційного алгоритму та оцінки адекватності результатів моделювання на реальних даних.

Наукова новизна отриманих результатів. У межах дисертаційної роботи *вперше*:

- розроблено доменну онтологічну модель для інформаційного забезпечення процесів екологічного моделювання, яка, на відміну від традиційних файлових або реляційних структур, забезпечує семантичну інтеграцію гетерогенних даних міської екосистеми, що дозволило підвищити ефективність та достовірність прийняття рішень усунувши семантичні колізії та мінімізувавши вплив людського фактору при підготовці сценаріїв моделювання;

- запропоновано адаптивний метод оптимізації розміщення джерел техногенного навантаження, який, на відміну від існуючих, базується на уніфікації програмної реалізації еволюційних операторів для різних метаевристик та здійснює керований онтологією вибір стратегії пошуку, що дозволило скоротити час пошуку рішення до прийнятних для оперативної роботи меж в умовах високої обчислювальної складності оцінки цільової функції;

- запропоновано архітектуру інтелектуалізованої системи проактивного управління екосистемою міста із застосуванням сервіс-орієнтованого підходу для оркестрації обчислювального ядра регуляторної моделі AERMOD, яка, на відміну від існуючих монолітних програмних комплексів, забезпечує повну інкапсуляцію обчислювальної логіки, слабку зв'язність компонентів та надає стандартизований програмний інтерфейс для доступу до функціоналу інтелектуалізованої системи, що забезпечує високу пропускну здатність для виконання обчислювальних процедур адаптивної оптимізації та сценарного моделювання;

набула подальшого розвитку:

- математична модель вибору локацій джерел теплогенерації, яка, на відміну від існуючих на основі геометричних обмежень у вигляді фіксованих санітарно-захисних зон, базується на формалізації задачі як дискретної комбінаторної оптимізації з цільовою функцією, що задана алгоритмічно на основі чисельної моделі розсіювання, що дозволило здійснити пошук оптимальних рішень за критерієм мінімізації індексу забруднення у точках-рецепторах з урахуванням міської забудови.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Автором на високому рівні, у достатньому обсязі, проведені теоретичні та експериментальні дослідження. Обґрунтованість та достовірність наукових положень і результатів, рекомендацій і висновків підтверджується коректною постановкою завдань досліджень, заданою точністю даних, що отримані в результаті моделювання та результатами проведених чисельних експериментів. Наукові положення, висновки та рекомендації обґрунтовані на належному рівні, опубліковані в періодичних наукових виданнях, апробовані на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях. Про належний ступінь теоретичної обґрунтованості та достовірності наукових результатів, що є у дисертації, свідчить раціонально підібрані методологічні засади дослідження.

Практичне значення роботи. Теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використано:

- у комунальному підприємстві теплових мереж «Тернопільміськтеплокомуненерго» Тернопільської міської ради при організації робіт з планування модернізації системи тепlopостачання та екологічного моніторингу (акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 20 грудня 2025 р.);

- в НДЧ ЗУНУ при виконанні молодіжного науково-дослідного дослідження на тему «Математичне та програмне забезпечення прототипу біогазової установки з підвищеною ефективністю функціонування» (державний реєстраційний номер 0124U000076) (довідка від 26 грудня 2025 р.);

- в ІТ компанії «Crowdin», у проектній діяльності компанії при розробці складних веб-орієнтованих систем для сталого розвитку міста, (акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 23 грудня 2025 р.);

- в освітньому процесі Західноукраїнського національного університету на кафедрі комп'ютерних наук при викладанні дисципліни «Архітектура та проектування програмного забезпечення» (акт про впровадження в освітній процес від 22 грудня 2025 р.)

Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 7 наукових праць загальним обсягом 46 сторінок, зокрема 3 статті у фахових наукових

виданнях, 3 публікації у матеріалах міжнародних конференцій, матеріали яких є періодичними виданнями та індексуються наукометричною базою Scopus та 1 у матеріалах всеукраїнської конференції з міжнародною участю

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Тимчишин Б., Манжула В. Математичне та алгоритмічне забезпечення інтелектуалізованої програмної системи для проактивного управління екосистемою міста. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2025. вип. 84, вип. 4, с. 35–48. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2025-840-4> (1,2 д.а. / 0,9 д.а.; особистий внесок: запропоновано математичне та алгоритмічне забезпечення інтелектуалізованої системи для сценарного аналізу в межах проактивного управління екосистемою міста, формалізовано задачу оптимізації розміщення джерел техногенного навантаження (зокрема, котелень та когенераційних установок) в умовах щільної міської забудови, яка NP-складною задачею дискретної комбінаторної оптимізації, запропоновано метод адаптивної оптимізації, який на основі порогів складності та масштабу автоматично обирає найбільш ефективний алгоритм).

2. В.І. Манжула, Б.С. Тимчишин. Семантичне моделювання гетерогенних джерел шкідливих викидів в атмосферу для проактивного управління екосистемою міста. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: "Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка"*. 2025. №2 (41), с. 118–127. DOI: <https://doi.org/10.31474/1996-1588-2025-2-41-118-127> (1 д.а. / 0,8 д.а.; особистий внесок: розроблено доменну онтологію UESO, яка формалізує знання про гетерогенні міські джерела викидів та забезпечує семантичну інтероперабельність та логічну несуперечливість даних. Спроектровано та обґрунтовано сервісно-орієнтовану архітектуру інтелектуалізованої системи, де онтологія виступає «єдиним джерелом істини»).

3. Тимчишин В., Мельник А., Дивак Т., Тимчишин Б., Файфура В., Момотюк Є., Костик Б. Інтегральний показник для оцінювання ефективності спеціалізованих моніторингових систем. *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*. 2024. 48(2). с. 234–241. DOI: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2024-48-2-234-241> (0,8 д.а. / 0,2 д.а.; особистий внесок: аналіз методів комплексної оцінки ефективності впровадження інтелектуалізованих систем моніторингу для підтвердження практичної цінності запропонованої системи).

4. Tymchyshyn V., Tymchyshyn B., Melnyk A., Manzhula V., Faifura V., Romanets I. The System Architecture of the Software for Modeling Harmful Emissions in Soil. *Proceedings International Conference on Advanced Computer Information Technologies Acit*. 2023, P. 58–62. DOI:

<https://doi.org/10.1109/ACIT58437.2023.10275416> (0,5 д.а. / 0,1 д.а.; особистий внесок: обґрунтовано принципи побудови сервіс-орієнтованої архітектури для екологічного моделювання, апробовано підхід до розбиття складної системи на незалежні модулі, який трансформувався в архітектуру «Оркестратора» для керування ядром AERMOD).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Tymchyshyn V., Melnyk A., Tymchyshyn B., Faifura V., Mazur I.-S., Honchar L. Data Management Service Architecture of the Software for Modeling Harmful Emissions in Soil. Proceedings International Conference on Advanced Computer Information Technologies Acit. 2024, P. 678–682. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACIT62333.2024.10712526> (0,5 д.а. / 0,1 д.а.; особистий внесок: розроблено механізми збору, валідації та маршрутизації гетерогенних даних для створення підсистеми збору даних, яка інтегрує Weather API та параметри джерел).

6. Tymchyshyn V., Porplytsya N., Melnyk A., Tymchyshyn B. Software for Modelling the Air Pollution by Vehicles. CEUR-WS: Proceedings of the International Conference Advanced Computer Information Technologies (ACIT 2018). 2018. Vol 2300. pp. 207-210. (0,5 д.а. / 0,1 д.а.; особистий внесок: аналіз методів моделювання фоновго забруднення від автотранспорту, що використано як вхідний параметр для оптимізаційних задач розміщення теплогенеруючих об'єктів).

7. Тимчишин В.С., Порплиця Н.П., Тимчишин Б.С. Програмний комплекс для моделювання забруднення атмосфери шкідливими викидами автотранспорту в часі. Сучасні комп'ютерні інформаційні технології: Матеріали Всеукраїнської конференції з міжнародною участю ACIT'2017. Тернопіль: ТНЕУ, 2017. с.233-234. (0,2 д.а. / 0,05 д.а.; особистий внесок: проведено аналіз програмних засобів для моделювання забруднення атмосфери шкідливими викидами).

Текст дисертаційної роботи пройшов перевірку на наявність текстових запозичень в системі «StrikePlagiarism». За результатами перевірки, виявлено відсутність текстових запозичень без належного посилання на джерело та встановлено, що дисертаційна робота Тимчишина Богдана Степановича на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» відповідає принципам **академічної доброчесності**.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи презентовано на 4 конференціях, зокрема:

- 14th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Ceske Budejovice, Czech Republic, 2024;
- 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), Wrocław, Poland, 2023;
- International Conference Advanced Computer Information Technologies (ACIT 2018). Ceske Budejovice, Czech Republic, 2018;

- Всеукраїнська конференція з міжнародною участю «Сучасні комп'ютерні інформаційні технології» АСІТ'2017, Тернопіль. 2017.

Оцінка мови та стилю дисертації. Дисертація написана з правильним вживанням технічної та спеціальної термінології. Стил викладення в дисертації матеріалів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує легкість і доступність їх сприйняття.

Відповідність дисертації нормативно встановленим вимогам та можливість подання до захисту. Ознайомившись із дисертаційним дослідженням Тимчишина Богдана Степановича та науковими публікаціями, в яких висвітлені основні результати, а також взявши до уваги підсумки фахового семінару, вважаємо, що дисертаційна робота Тимчишина Б.С. на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» відповідає вимогам 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.

У результаті розгляду дисертації Тимчишина Богдана Степановича та повноти публікації основних результатів дослідження

УХВАЛИЛИ:

1. Пропонувати Вченій раді затвердити такий склад разової спеціалізованої вченої ради:

Головою разової спеціалізованої вченої ради призначити:

доктора технічних наук, професора, Дивака Миколу Петровича, проректора з наукової роботи Західноукраїнського національного університету.

Рецензентами:

доктора технічних наук, професора Пасічника Романа Мирославовича, професора кафедри кібербезпеки Західноукраїнського національного університету;

доктора технічних наук, професора, Пукаса Андрія Васильовича, завідувача кафедри комп'ютерних наук Західноукраїнського національного університету.

Опонентами:

доктора технічних наук, доцента, Просянкін-Жарову Тетяну Іванівну, старшого наукового співробітника відділу прикладної інформатики Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України;

кандидата технічних наук, Бойчуру Михайла Володимировича, доцента кафедри обчислювальної техніки Національного університету водного господарства та природокористування.

2.Рекомендувати новоствореній разовій спеціалізованій вченій раді прийняти дисертаційну роботу Тимчишина Богдана Степановича на тему «Інтелектуалізована програмна система для проактивного управління екосистемою міста» до захисту.

Головуючий на засіданні

доктор технічних наук, професор,
професор кафедри комп'ютерних наук



Андрій МЕЛЬНИК