

РЕЦЕНЗІЯ

доцента кафедри комп'ютерних наук
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
кандидата технічних наук, доцента **ВАЙГАНГ Ганни Олександрівни**
на дисертацію **ШЕВЧЕНКА Дмитра Віталійовича** на тему:
**«Розроблення інтелектуальної інформаційної технології
для оцінювання стану атмосферного повітря»,**
подану на здобуття ступеня доктора філософії
за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»
галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Обґрунтування вибору теми дослідження. Проблема забезпечення якості атмосферного повітря набуває стратегічного значення в умовах глобальних кліматичних змін, урбанізації та зростання антропогенного навантаження. У роботі Дмитра Шевченка запропоновано науково обґрунтоване рішення актуального завдання цифровізації екологічного моніторингу шляхом створення інтелектуальної інформаційної технології, що поєднує інструменти OLTP, OLAP і Data Mining. Таке поєднання відповідає сучасним тенденціям розвитку екологічної інформатики, кіберфізичних систем та інтелектуальних технологій підтримки управлінських рішень у сфері довкілля.

Тема дослідження узгоджується з державними пріоритетами у галузі екологічної безпеки та цифрової трансформації, а також із науковими програмами Національного університету біоресурсів і природокористування України, в межах яких виконується проєкт «Інформаційна та алгоритмічна підтримка інтелектуальних систем в природоохоронній галузі».

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація характеризується системністю, логічністю викладу і чітким обґрунтуванням усіх етапів дослідження – від аналізу предметної області до апробації результатів.

Наукова новизна полягає у такому:

– уперше науково обґрунтовано, запропоновано, апробовано та практично реалізовано поєднання трьох ключових складових (технології обробки транзакцій OLTP, інтелектуальної технології аналізу даних Data Mining та технології аналізу даних у режимі, наближеному до реального часу, OLAP) для оцінювання стану атмосферного повітря від отримання первинних даних до формування аналітичних висновків та науково обґрунтованих рекомендацій для підтримки прийняття управлінських рішень;

– удосконалено, апробовано та практично реалізовано методи інтерпретації перевищень нормативних рівнів забруднення на основі обчислення ключових показників ефективності (KPI), що підвищує об'єктивність оцінювання та аналітичної інтерпретації екологічних даних;

– отримали подальший розвиток підходи до інтеграції потоків даних із екологічних сенсорів та відкритих інформаційних ресурсів у єдине сховище даних, структура якого розроблена вперше та забезпечує уніфікацію, цілісність і агрегацію екологічної інформації.

Викладені положення підтверджуються експериментальними результатами, апробацією на міжнародних конференціях (ICICT-2025, Edge Computing Workshop, «Теоретичні та прикладні аспекти розробки комп'ютерних систем» тощо) та публікаціями у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, та у виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Розроблена інтелектуальна інформаційна технологія характеризується високою прикладною цінністю для діяльності державних і регіональних екологічних служб, органів місцевого самоврядування та інших установ, відповідальних за моніторинг і управління станом атмосферного повітря. Запропонований підхід забезпечує можливість оперативного аналізу поточного екологічного стану, виявлення негативних тенденцій, прогнозування рівнів забруднення та формування обґрунтованих управлінських рішень на основі багатовимірних аналітичних звітів і показників.

Розроблена система має відкриту та масштабовану архітектуру, що дозволяє інтегрувати її до національних і регіональних порталів екологічного моніторингу, а також використовувати у складі інформаційно-аналітичних платформ підтримки прийняття рішень. Методологічні та програмні рішення, запропоновані в роботі, можуть бути адаптовані та використані у навчальному процесі під час викладання дисциплін з екологічної аналітики, організації баз даних, інтелектуальних інформаційних систем та інформаційних технологій моніторингу довкілля, що підвищує освітню та науково-методичну цінність отриманих результатів.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому і оформлення. Дисертація Дмитра Шевченка є цілісним, логічно побудованим і завершеним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методологічному рівні. Робота характеризується чіткою внутрішньою структурою, послідовністю викладу матеріалу та обґрунтованістю отриманих наукових результатів. Усі розділи дисертації взаємопов'язані та підпорядковані досягненню поставленої мети дослідження.

У дисертації послідовно викладено теоретичні засади екологічного моніторингу та інтелектуального аналізу даних, розроблено методологію побудови інтелектуальної інформаційної технології оцінювання якості атмосферного повітря, наведено результати експериментальної перевірки ефективності запропонованих рішень та сформульовано практичні рекомендації щодо їх використання.

Структура дисертації повністю відповідає меті, завданням, об'єкту та предмету дослідження. У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, визначено зв'язок роботи з науковими програмами, сформульовано мету і завдання дослідження, окреслено об'єкт, предмет і методи, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Також наведено відомості про апробацію результатів, публікаційну активність здобувача та структуру дисертації, яка складається з чотирьох розділів, висновків і додатків.

У **першому розділі** розглянуто теоретичні та методологічні основи оцінювання якості атмосферного повітря, проаналізовано сучасні підходи до екологічного моніторингу, інформаційні системи збору й обробки даних, методи інтелектуального аналізу та багатовимірної аналітики, а також обґрунтовано доцільність інтегрованого використання технологій OLTP, OLAP і Data Mining.

У **другому розділі** викладено методологічні та архітектурні рішення побудови інтелектуальної інформаційної технології оцінювання стану атмосферного повітря, зокрема розроблено структуру єдиного сховища екологічних даних, алгоритми інтеграції потоків даних із сенсорних систем та відкритих інформаційних ресурсів.

У **третьому розділі** розглянуто алгоритмічне та аналітичне забезпечення інтелектуальної інформаційної технології, зокрема методи багатовимірного аналізу, інтелектуального аналізу даних і розрахунку інтегральних показників та індексів якості атмосферного повітря, а також підходи до інтерпретації результатів аналізу у контексті підтримки прийняття управлінських рішень.

У **четвертому розділі** наведено результати експериментального дослідження та практичної апробації розробленої інформаційної технології. Здійснено оцінювання ефективності запропонованих методів аналізу та інтерпретації екологічних даних, продемонстровано можливості формування багатовимірних аналітичних звітів і підтримки прийняття управлінських рішень, що підтверджує практичну значущість отриманих результатів.

У **висновках** узагальнено основні наукові результати, сформульовано теоретичні та практичні положення, що відповідають поставленій меті та завданням дослідження, а також окреслено напрями подальших наукових досліджень.

Дисертація написана грамотною, чіткою та науково виваженою українською мовою. Виклад матеріалу відзначається логічною послідовністю, структурною узгодженістю та коректним використанням спеціалізованої термінології у сфері комп'ютерних наук, екологічної інформатики та аналітичних систем. Текст роботи легко сприймається, у ньому відсутні надмірні узагальнення або стилістичні помилки, а аргументація побудована на достовірних наукових фактах і результатах експериментів.

Дисертація оформлена відповідно до вимог МОН України та повністю відповідає принципам академічної доброчесності. У тексті відсутні ознаки плагіату, компіляції чи недобросовісного запозичення; усі використані джерела коректно процитовано. Стиль викладу відзначається науковою точністю, логічністю та послідовністю. Отже, робота характеризується завершеністю, високою культурою наукового викладу й відповідає критеріям кваліфікаційної праці на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконано відповідно до планів науково-дослідницької роботи Національного університету біоресурсів і природокористування за темою «Інформаційна та алгоритмічна підтримка інтелектуальних систем в природоохоронній галузі» (номер державної реєстрації 0124U002754).

Повнота викладення наукових положень, висновків і рекомендацій в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено у 14 наукових працях, з яких 2 статті у наукових виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, 3 статті у наукових виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, 9 тез наукових доповідей. Вказані публікації чітко та цілком відображають основні наукові положення та досягнення проведеного дисертаційного дослідження.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Дисертація є самостійно написаною кваліфікаційною науковою працею із науково обґрунтованими висновками та рекомендаціями, які подано автором для публічного захисту. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела. У роботі відсутнє привласнення чужих ідей, результатів або слів без оформлення належного цитування. Таким чином, у дисертаційному дослідженні Дмитра Шевченка відсутні порушення академічної доброчесності.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Дмитра Шевченка виконана на високому науково-технічному рівні, відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», має завершений характер і містить практичну реалізацію інтелектуальної інформаційної технології моніторингу якості атмосферного повітря. Водночас у роботі наявні окремі зауваження та дискусійні положення, які мають рекомендаційний характер і не знижують загальної наукової та практичної цінності дослідження. До таких зауважень і питань для наукової дискусії можна віднести наступні:

1. Теоретичні засади викладено достатньо детально, водночас аналітичні та експериментальні результати (зокрема підрозділ 4.3 «Тестування системи») подано стисло. Для посилення прикладної частини доцільно було б ширше висвітлити метрики

ефективності та швидкодії ключових алгоритмів. Чи проводилося вимірювання метрик ефективності та швидкодії ключових алгоритмів під час тестування системи?

2. Обмеженість порівняльного аналізу ефективності запропонованої технології (підрозділ 4.4, с. 134–161). Порівняння результатів здійснено переважно на рівні власних експериментів. Було б корисно додати аналіз співвідношення продуктивності системи з міжнародними платформами моніторингу (OpenAQ, AirVisual API), що надало б роботі прикладної глибини.

3. Під час виконання роботи застосовано методи K-means і Наївний Байєс (підрозділи 2.3 і 4.4, с. 56–131), проте не наведено порівняльних характеристик з іншими підходами (наприклад, SVM чи Random Forest). У зв'язку з цим становить інтерес: якими критеріями Ви керувалися при виборі саме цих моделей для відповідних підсистем, і чи розглядалися альтернативні підходи?

4. Питання масштабованості та продуктивності системи. У роботі зазначено можливість розширення системи за рахунок підключення додаткових сенсорів та джерел даних. Водночас питання масштабованості розглянуто переважно концептуально. Для напряму «Комп'ютерні науки» корисним могло б бути доповнення аналізом часової складності основних алгоритмів, оцінкою навантаження при зростанні обсягів даних та прогнозуванням продуктивності системи в умовах масштабування.

5. У тексті дисертації місцями наявні граматичні та синтаксичні помилки.

Зазначені зауваження мають рекомендаційний і дискусійний характер та можуть бути враховані при подальшому розвитку теми дослідження. Вони не знижують наукової новизни, практичної значущості та загального позитивного враження від дисертації. Наукова робота Дмитра Шевченка відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Загальний висновок. Вважаю, що дисертація здобувача ступеня доктора філософії Шевченка Дмитра на тему: «Розроблення інтелектуальної інформаційної технології для оцінювання стану атмосферного повітря» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій. Ураховуючи актуальність, наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, можна стверджувати, що дисертація повністю відповідає вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами), 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 № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а її автор Шевченко Дмитро заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань «Інформаційні технології».

Рецензент доцент кафедри комп'ютерних наук Національного університету біоресурсів і природокористування України, кандидат технічних наук, доцент Ганна ВАЙГАНГ