

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

завідувача відділу досліджень навколишнього середовища
Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
доктора технічних наук, професора **ТРИСНЮКА Василя Миколайовича**
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»

Актуальність наукової праці. Проблема забезпечення чистоти атмосферного повітря є надзвичайно актуальною в сучасних умовах глобальних екологічних викликів. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, понад 90 % населення світу дихає повітрям, якість якого не відповідає рекомендованим нормам. В Україні питання моніторингу якості повітря набуває стратегічного значення з огляду на урбанізацію, зростання промислового навантаження та зміни клімату. Існуючі методи й засоби екологічного моніторингу потребують вдосконалення: зокрема, бракує єдиної централізованої системи зберігання й аналізу екологічних даних, уніфікованих методик оцінки та прогнозування показників якості повітря, а також інтеграції національних даних із міжнародними інформаційними платформами.

За таких умов тема дисертації Дмитра Шевченка є своєчасною і безсумнівно актуальною, оскільки присвячена розробленню інтелектуальної інформаційної технології для оцінювання стану атмосферного повітря – напряму, що поєднує екологічну безпеку з сучасними інформаційними технологіями. Запропоноване в дисертації рішення відповідає тенденціям цифрової трансформації систем моніторингу довкілля та державним пріоритетам у галузі екологічної безпеки.

Ступінь обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни. Дисертація відзначається системним підходом до вирішення поставленої науково-прикладної задачі та чіткою логікою викладення матеріалу. Всі наукові положення, висновки і рекомендації дисертанта є належно обґрунтованими: вони базуються на глибокому аналізі сучасних наукових джерел, на коректно обраних методах дослідження та на результатах експериментальної перевірки створеної інформаційної технології. Наведені в роботі результати підтверджено апробацією на наукових конференціях і публікаціями у фахових виданнях, що свідчить про їх достовірність.

Наукова новизна дослідження полягає в запропонованому автором комплексному поєднанні кількох напрямів інформаційних технологій для розв'язання задачі екологічного моніторингу. Уперше науково обґрунтовано та реалізовано інтеграцію трьох ключових компонент – технології оперативної обробки даних (OLTP), технологій інтелектуального

аналізу даних (Data Mining) та багатовимірною аналітичного оброблення даних (OLAP) – в єдиній системі оцінювання стану атмосферного повітря. Такий підхід забезпечує повний цикл роботи з екологічними даними: від збору та зберігання первинної інформації до її оперативного аналізу, виявлення закономірностей, прогнозування і формування обґрунтованих управлінських висновків. Удосконалено методи інтерпретації даних про якість повітря, зокрема запропоновано використання ключових показників ефективності (KPI) для оцінки дотримання нормативів забруднення у певних часових інтервалах. Це нововведення підвищує об'єктивність контролю якості повітря та наочність представлення результатів, даючи можливість швидко перевіряти перевищення гранично допустимих концентрацій. Отримали подальший розвиток підходи до інтеграції різнорідних потоків екологічних даних (дані від мереж вимірювальних сенсорів, відкриті онлайн-ресурси тощо) у єдине централізоване сховище. Розроблена структура даних забезпечує уніфікацію, цілісність та агрегування інформації з різних джерел для подальшої комплексної аналітики. Зазначені результати вирізняються новизною для галузі екологічного моніторингу.

Значення одержаних результатів для науки й практики та рекомендацій щодо їх можливого використання. Результати дисертації мають важливе науково-практичне значення. З точки зору науки, робота робить вагомий внесок у розвиток екологічної інформатики та інтелектуальних інформаційних систем: продемонстровано ефективність поєднання баз даних, аналітичних інструментів та методів Data Mining для вирішення складних задач моніторингу довкілля. Отримані знання та підходи розширюють теоретичну базу щодо побудови систем моніторингу у сфері охорони навколишнього середовища і можуть стати основою для подальших досліджень у цій галузі.

Розроблена інтелектуальна інформаційна технологія може бути впроваджена у діяльність міських та регіональних служб моніторингу довкілля, органів виконавчої влади та місцевого самоврядування, відповідальних за управління якістю атмосферного повітря. Використання цієї технології дозволить автоматизувати процеси збору розрізнених даних про стан повітря, їх оперативний аналіз та багатоаспектне представлення результатів для прийняття рішень. Запропонований підхід забезпечує можливість своєчасного виявлення негативних тенденцій у зміні рівнів забруднення, проведення прогнозних оцінок та формування науково обґрунтованих управлінських заходів (наприклад, обмеження викидів, попередження населення про несприятливі умови тощо). Впровадження розробленої технології сприятиме підвищенню ефективності функціонування державної системи моніторингу атмосферного повітря, яка регламентована Постановою Кабінету Міністрів України № 827, шляхом забезпечення інтегрованого зберігання даних та надання гнучких аналітичних інструментів для контролю дотримання екологічних нормативів.

Оцінка змісту й завершеності дисертації. Дисертація є цілісною, логічно структурованою та завершеною науковою працею, зміст і побудова якої повністю відповідають поставленій меті та завданням дослідження. Робота складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У **вступі** належним чином обґрунтовано актуальність теми, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, використано методи, а також сформульовано наукову новизну й практичне значення отриманих результатів. Наведено відомості про зв'язок роботи з науковими програмами, особистий внесок здобувача, апробацію результатів і публікації, що свідчить про системний характер дослідження.

У **першому розділі** здійснено ґрунтовний аналіз сучасного стану наукових досліджень і технологічних рішень у сфері моніторингу якості атмосферного повітря, зокрема розглянуто підходи до обчислення індексів якості повітря та функціонування існуючих інформаційних систем.

Другий розділ присвячено розробленню архітектури інформаційної системи моніторингу, опису її структурних компонентів, моделей даних і принципів побудови централізованого сховища з підтримкою OLAP-аналізу.

У **третьому розділі** детально викладено методи збору, попередньої обробки та інтеграції екологічних даних з різнорідних джерел, зокрема реалізацію ETL-процедур і алгоритмів обчислення агрегованих показників якості повітря.

Четвертий розділ містить результати аналітичної та інтелектуальної обробки даних, включаючи розрахунок інтегральних індексів якості повітря та застосування методів Data Mining для кластеризації, класифікації і прогнозування стану атмосферного повітря. Отримані результати наочно представлені засобами візуалізації та підтверджують практичну реалізованість і ефективність запропонованої інформаційної технології.

Матеріал викладений послідовно, без логічних прогалин; усі розділи пов'язані між собою і працюють на досягнення поставленої мети. Оформлення роботи (текст, рисунки, таблиці, список літератури) виконано якісно, стиль викладу науково коректний. Дисертація справляє враження зрілого дослідження, яке доведено до стадії практичної реалізації.

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 висвітлення результатів в опублікованих працях. Основні результати дисертації достатньою мірою відображено в опублікованих наукових працях. Здобувачем опубліковано 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. Тематика публікацій повністю відповідає дисертації, що свідчить про те, що автор послідовно здійснював апробацію кожного етапу свого дослідження. Кількість і рівень публікацій відповідають встановленим вимогам до здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності. Під час аналізу дисертації не виявлено порушень академічної доброчесності. У тексті коректно оформлені посилання на всі використані джерела, відсутнє запозичення чужих результатів без належного цитування. Дисертація є самостійною кваліфікаційною роботою здобувача. Наведені в ній наукові результати та висновки отримано автором особисто, про що, зокрема, свідчить розділ щодо особистого внеску.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертації. Дисертація Дмитра Шевченка виконана на високому науково-технічному рівні, має завершений характер та приносить нові результати для науки і практики. Водночас окремі положення можуть бути предметом наукової дискусії або розглядатися як напрям для подальших досліджень – ці зауваження мають рекомендаційний характер і жодним чином не впливають на загальну позитивну оцінку роботи. Хотілося б відзначити такі моменти:

1. Перспективним напрямом подальшого розвитку запропонованої інформаційної технології видається розширення спектра вхідних даних. Чи розглядали Ви можливість інтеграції метеорологічної інформації (зокрема даних про погодні умови, напрям і швидкість вітру) та дистанційних спостережень із супутникових платформ з метою підвищення точності оцінювання та прогнозування параметрів стану атмосферного повітря?

2. Запропонована інтелектуальна інформаційна технологія реалізована для задач моніторингу атмосферного повітря. Водночас концептуальні підходи до об'єднання даних, багатовимірного аналізу та інтелектуальної обробки мають універсальний характер. Чи є можливість адаптації розробленої технології до моніторингу інших компонентів довкілля, зокрема водних об'єктів або ґрунтів?

3. Технологія, представлена у дисертації, охоплює повний цикл обробки екологічних даних – накопичення та інтеграцію (OLTP), багатовимірну аналітику (OLAP) і інтелектуальний аналіз даних (Data Mining). Які саме переваги комплексного підходу, на Ваш погляд, забезпечують підвищення повноти та оперативності оцінювання стану атмосферного повітря порівняно з традиційними методиками його контролю?

4. Робота має прикладну орієнтацію, що передбачає практичне використання результатів у діяльності екологічних служб. Яку саме інформацію про стан атмосферного повітря можуть отримувати відповідні органи влади чи екологічні служби завдяки

реалізованій технології, і яким чином це сприятиме контролю дотримання нормативів та ухваленню науково обґрунтованих управлінських рішень у сфері охорони довкілля?

Зазначені зауваження носять рекомендаційний характер і спрямовані на визначення можливих шляхів продовження та поглиблення дослідження. Вони не применшують наукової новизни і практичної цінності отриманих дисертантом результатів, а лише підкреслюють актуальність порушеної проблематики та потенціал розвитку запропонованих рішень.

Загальний висновок. Дисертація Шевченка Дмитра Віталійовича на тему: «Розроблення інтелектуальної інформаційної технології для оцінювання стану атмосферного повітря» є завершеним самостійним науковим дослідженням. У ній отримано нові науково обґрунтовані результати, які розв'язують важливе науково-прикладне завдання, що має істотне значення для галузі інформаційних технологій та охорони довкілля. Оформлення, зміст, науковий рівень, актуальність, новизна та практична значущість дисертації повністю відповідають вимогам наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», 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, а її автор Шевченко Дмитро Віталійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» галузі знань «Інформаційні технології».

Офіційний опонент завідувач відділу досліджень навколишнього середовища Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, доктор технічних наук, професор Василь ТРИСНЮК