

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Молодця Богдана Володимировича**
«Розроблення технологій та програмного забезпечення оперативного моніторингу якості повітря», представлену на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота присвячена дослідженню та створенню ефективних інструментів для збору, аналізу та інтеграції даних про стан атмосфери, що забезпечить своєчасне виявлення змін у якості повітря та можливість оперативного реагування на екологічні загрози. Це включає розробку програмного забезпечення, здатного об'єднувати інформацію з різних джерел, таких як наземні моніторингові станції, супутникові знімки та метеорологічні дані, а також створення алгоритмів для точного моделювання та прогнозування рівнів забруднення повітря. Основна мета також передбачає автоматизацію процесів обробки даних, що дозволить значно покращити оперативність і точність прийняття рішень у сфері управління якістю повітря, сприяти захисту здоров'я населення та збереженню екосистем.

Актуальність теми дослідження обумовлена численними серйозними екологічними викликами, з якими стикається сучасне суспільство. В умовах постійного зростання промислового виробництва, урбанізації та зростання чисельності населення якість повітря стає однією з найважливіших проблем, що впливає на здоров'я людей та стан екосистем. Негайні заходи необхідні для збереження екосистем і захисту здоров'я людей. У цьому контексті розробка новітніх технологій і програмного забезпечення для моніторингу якості повітря стає особливо важливою. Такі технології дозволяють значно підвищити точність і оперативність збору та аналізу даних про стан атмосфери, що забезпечує своєчасне реагування на екологічні загрози.

Інформаційна система, яка розробляється в рамках цієї роботи, має актуальне практичне застосування, адже зможе забезпечити безперервний збір даних про стан повітря, дозволяючи виявляти небезпечні концентрації токсичних речовин і вживати необхідних заходів для їх зниження. Це сприятиме підвищенню обізнаності населення про стан повітря, стимулюючи прийняття екологічно відповідальних рішень як на рівні окремих громадян, так і на рівні державних органів.

Наукова новизна отриманих автором результатів. У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову задачу, що полягає у розробленні та впровадженні інформаційної системи моніторингу якості повітря, підвищенні ефективності та точності збору та аналізу даних, удосконаленні існуючих методів моніторингу та створенні нових технологічних рішень для забезпечення більш точного вимірювання показників якості повітря.

Основні наукові результати дисертації полягають у наступному:

1. Удосконалено модель оцінки якості повітря шляхом об'єднання: точкової оцінки стану повітря, отриманих зі станцій наземного моніторингу; кількісної оцінки стану повітря (об'єм викидів забрудників) по області використовуючи супутникові дані; якісної оцінки у вигляді інтерполяційної мапи індексу якості повітря побудованим по даним з наземних станцій; доуточнення стану повітря в окремо виділених регіонах за допомогою моделі CALPUFF, що надає комплексну оцінку якості повітря в обраному регіоні;
2. Вперше запропонована архітектура системи для агрегації та оперативної апробації даних наземних станцій та супутникових знімків, що надало можливість автоматизувати процес збору та серіалізації даних для оцінки якості повітря;
3. Вперше розроблена інформаційна система, що в реальному часі агрегує дані з станцій наземного моніторингу, метеорологічних даних та даних дистанційного зондування землі, що пришвидшує процес аналізу стану якості повітря

Наукові положення, висновки та рекомендації, розроблені автором, базуються на сучасних методологіях створення програмного забезпечення, включаючи:

- принципи розробки архітектури програмного забезпечення, що забезпечують структурованість, масштабованість і ефективність функціонування системи;
- передові вебтехнології, які забезпечують інтеграцію з різними платформами та зручний доступ до інформації;
- роботу з базами даних, що дозволяють зберігати, організовувати та швидко обробляти великі обсяги інформації.

Практичне значення результатів роботи. Результати, отримані в дисертаційній роботі, мають значний практичний внесок. Розроблена інформаційна система охоплює всі етапи: збір, обробка та зберігання даних, що

дозволяє не лише отримувати актуальну інформацію про стан повітря, а й бути потужним інструментом для глибокого аналізу та створення прогнозів. Завдяки цьому, система забезпечує точне відстеження змін в якості повітря і підтримує оперативне реагування на екологічні виклики.

Результати практичного дослідження знайшли застосування у Департаменті екологічної політики Дніпровської міської ради, де система була впроваджена як інструмент підтримки прийняття рішень у сфері моніторингу якості повітря. Крім того, результати наукових і практичних досліджень були інтегровані в навчальний процес кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, що сприяло підвищенню якості освіти та підготовки фахівців у цій важливій галузі.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються. Дисертаційна робота виконана на належному рівні і відповідає вимогам досліджень третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Вважаю, що одержані результати в достатній мірі є обґрунтованими і достовірними. Це забезпечується строгістю та коректністю постановки задач, застосуванням теоретично обґрунтованих алгоритмів, методів та технології інженерії програмного забезпечення, практичною апробацією запропонованої технології, а також відповідністю отриманих результатів до відомих результатів інших авторів із відкритих джерел.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею, в якій висвітлені власні ідеї і розробки автора, що дозволили вирішити поставлені завдання. Основні положення, висновки, результати дослідження і рекомендації, що містяться у дисертаційній роботі та виносяться на захист, отримано здобувачем особисто та за безпосередньою участю. Використані в дисертації ідеї, положення чи гіпотези інших авторів мають відповідні посилання і використані лише для підкріплення ідей здобувача.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. Матеріали дисертації представлені у 9 публікаціях: 2 статті індексуються в наукометричній базі Scopus, 3 статті опубліковані у наукових фахових виданнях України категорії Б, і 4 тези доповідей включені у збірники матеріалів наукових конференцій.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 5-му семінарі з сучасних технологій машинного навчання та науки про дані (MoMLet & DS 2023) та 4-му Міжнародному семінарі з

інтелектуальних інформаційних технологій та систем інформаційної безпеки (IntelITSIS-2023).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел із 104 найменувань. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 145 сторінках, містять 46 рисунків та 14 таблиць.

У *вступі* дисертаційної роботи розкрита актуальність проведеного дослідження, визначено його мету та завдання, а також об'єкт і предмет дослідження. Представлено методи та підходи, що були використані, а також підсумовані результати роботи. Цей розділ акцентує увагу на важливості теми для сучасної екології та технологій моніторингу, окреслюючи основні напрями та очікувані досягнення дисертації.

У *першому розділі* здійснено всебічний аналіз існуючих технологій та наукових праць, що стосуються теми дисертації. Розглянуто як українські, так і міжнародні стандарти якості повітря. Також проаналізовано існуюче програмне забезпечення для моделювання та оцінки якості повітря. На основі цього аналізу виявлені недоліки поточних систем, і на їх основі сформульовані вимоги до нової інформаційної системи моніторингу якості повітря.

Другий розділ присвячений опису джерел даних, які використовуються в системі. Це включає супутникові дані, дані зі станцій наземного моніторингу та метеорологічні дані. Проведено аналіз різних моделей дисперсії газів та їх можливих модифікацій. Обрана модель CALPUFF у поєднанні з методом IDW забезпечує високу якість оцінки завдяки врахуванню численних факторів.

Третій розділ охоплює технології та архітектурні рішення для створення інформаційної системи. Проаналізовані можливі варіанти протоколів обміну даними, архітектури мережевих протоколів і провайдерів хмарних послуг. З метою забезпечення модульності та гнучкості системи обрана сервісно-орієнтована архітектура, що дозволяє розбити систему на незалежні сервіси, кожен з яких виконує певну функцію і може взаємодіяти з іншими сервісами через чітко визначені інтерфейси.

У *четвертому розділі* розглянуто можливості практичного застосування розробленої системи. Наведено стек технологій, на якому побудована система. Детально описано схему роботи обраних моделей, їх комбінацію для покращення моделювання та створення більш повної картини розподілу забруднень. Представлено результати стрес-тестування системи, включаючи показники надійності та тривалість обробки запитів.

У висновках підведено підсумки дослідження, які відображають основні досягнення та результати наукової роботи.

Перелік використаних джерел містить повну інформацію про літературні та інформаційні ресурси, залучені до дослідження.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертація написана українською мовою, що забезпечує її доступність для наукової спільноти та практиків в Україні. Мова є зрозумілою, професійною та відповідною науковим стандартам. Термінологія використовується коректно і відповідає сучасним науковим стандартам. Загалом, дисертаційна робота має добре організовану структуру, чіткий і професійний стиль викладення, що сприяє повному і правильному сприйняттю результатів дослідження.

Дискусійні питання і зауваження.

1. У другому розділі наведено опис джерел даних, що використовуються в системі. Було б доречним детальніше пояснити процес інтеграції даних з різних джерел та алгоритми синхронізації.

2. У роботі зазначено, що здійснюється перевірка даних на наявність відсутніх значень, аномальних даних або помилок, видалення або виправлення неправильних значень, але не зрозуміло, які методи та підходи для цього застосовуються, наскільки попередня обробка даних є ефективною для забезпечення точності моделювання та оцінки якості повітря.

3. Було б доцільно більш детально проаналізувати застосування розглянутих технологій на практиці та їхню ефективність у різних умовах. Це допомогло б краще зрозуміти, як наявні системи справляються з екологічними викликами, які саме недоліки є найбільш значущими та як запропоноване рішення дозволяє їх подолати.

4. У роботі досліджено та аргументовано застосовано велику кількість сучасних технологій, що безсумнівно є позитивним моментом, проте більш змістовно було б навести їх опис, базуючись на конкретних прикладах реалізації запропонованої інформаційної системи, що дало б змогу краще зрозуміти структуру розробленого програмного забезпечення, які саме сервіси наявні у зазначеній сервісно-орієнтовній архітектурі тощо.

5. В тексті дисертації зустрічаються друкарські помилки та стилістичні вади.

Зазначені зауваження не впливають на загальний рівень поданої на рецензію роботи, не ставлять під сумнів наукову новизну та практичну цінність результатів дослідження і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та рівня кваліфікації здобувача.

Загальні висновки. Дисертаційна робота Молодця Богдана Володимировича на тему «Розроблення технологій та програмного забезпечення оперативного моніторингу якості повітря» представлена на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення є актуальною за змістом завершеною науковою працею, містить наукову новизну та практичну цінність. Основні результати та висновки роботи обґрунтовані і достовірні. Оформлення дисертації відповідає вимогам, затверджених наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12.01.2017 року. Методичний рівень, наукова новизна і практичне значення, рівень оприлюднення результатів рецензованої роботи відповідає вимогам до дисертацій ступеня доктора філософії згідно з вимогами Постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами) «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», а її автор Молодець Богдан Володимирович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент

доцент кафедри
математичного забезпечення ЕОМ
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
кандидат техн. наук, доцент



Марина СИДОРОВА

Підпис канд. техн. наук, доцента Сидорової М.Г. засвідчую:

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
кандидат біологічних наук, доцент



Олег МАРЕНКОВ