

ВІДГУК

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

Дисертаційна робота Богдана Володимировича Молодця на тему «Розроблення технологій і програмного забезпечення для оперативного моніторингу якості повітря» присвячена дослідженню, створенню та впровадженню інформаційної системи для моніторингу якості повітря. Метою роботи є покращення ефективності та точності збору й аналізу даних про стан повітря, що дозволить своєчасно виявляти зміни в його якості та реагувати на них.

Актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами

Актуальність теми обумовлена численними серйозними екологічними викликами, з якими стикається сучасне суспільство. Активний розвиток технологій та виробничих потужностей, зростання кількості населення, зокрема, міського, зростання кількості автомобілів, об'ємів промислових та побутових відходів тощо породжують постійне і неспинне збільшення шкідливого навантаження на довкілля, в т.ч. на якість повітря. Розроблення заходів, технологій та методів, які будуть забезпечувати моніторинг стану довкілля, якості повітря є вкрай важливими та необхідними. В розвинених країнах, а також на рівні міжнародного співтовариства впроваджуються заходи та розробляються системи для моніторингу і покращення якості повітря: Національна система моніторингу якості повітря в Сполучених Штатах AirNow, Європейський індекс якості повітря EAQI, Світовий індекс якості повітря WAQI, Національний центр моніторингу навколишнього середовища Китаю CNEMC та ін. Тому розроблення та впровадження інформаційних систем, які забезпечать безперервний збір даних про стан атмосфери для своєчасного виявлення небезпечних концентрацій шкідливих речовин та покращення точності і оперативності прийняття адекватних рішень та своєчасного реагування на екологічні загрози є надзвичайно актуальним

завданням. Також це посприє підвищенню обізнаності населення про стан повітря та стимулюватиме прийняття екологічно відповідальних рішень як на рівні окремих громадян, так і на рівні державних органів.

Дисертаційна робота виконана в рамках науково-дослідної роботи № ФПМ-79-19 «Розробка програмного комплексу аналізу та прогнозування часових рядів», 2019-2021 рр. № держреєстрації 0119U101056 та науково-дослідної роботи № ФПМ-2-22 «Розроблення програмного забезпечення аналізу та кластеризації часових рядів» 2022-24 рр. № держреєстрації 0122U001465.

Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Особистий внесок здобувача полягає в ретельному аналізі сучасного стану проблеми забруднення повітря та розробленні концепції ефективної системи моніторингу якості повітря. Здобувач виконав аналіз і вибір існуючих моделей та методів оцінки якості повітря, визначив найефективніші з них для інтеграції в систему. Провів підбір та інтеграцію різноманітних джерел даних, серед яких дані від сенсорних мереж, супутникові знімки та інформація з інших систем моніторингу. Це забезпечило всебічний та точний збір даних для подальшого аналізу. Крім того, здобувач здійснив детальний аналіз різних мережевих архітектур, обравши оптимальну для забезпечення надійного та ефективного функціонування системи моніторингу.

Проведено експериментальну перевірку створеного прототипу, включаючи тестування його на практиці, що дозволило перевірити працездатність та точність системи. Результати дослідження були апробовані, що підтвердило їхню надійність та ефективність. На підставі доступних матеріалів можна зробити висновок, що результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, були отримані автором самостійно.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, які отримані та розроблені автором, ґрунтуються на ретельному аналізі відповідної наукової літератури, оригінальних дослідженнях, сучасних методологіях розробки

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

Ступінь новизни результатів, їх теоретичне та практичне значення

Дисертаційна робота спрямована на розвиток теоретичних основ моделювання забруднення повітря, зокрема, на розроблення нових підходів до прогнозування та аналізу розподілу забруднювачів. Створені нові підходи до інтеграції різних компонентів системи моніторингу якості повітря, що забезпечують ефективну обробку даних та їх інтеграцію з існуючими екологічними та інформаційними системами.

Найбільш значущі та інноваційні результати досліджень, які мають наукову новизну і подаються для захисту, полягають в наступному:

Вперше:

- запропонована архітектура системи для агрегації та оперативної апробації даних наземних станцій і супутникових знімків, що надало можливість автоматизувати процес збору та серіалізації даних для оцінки якості повітря;
- створена інформаційна система, що забезпечує оперативне надання повної інформації про стан повітря в реальному режимі часу, шляхом агрегації та апробації даних з різних джерел.

Вдосконалено:

- модель оцінювання якості стану повітря на основі об'єднання методів точкового оцінювання стану повітря на базі результатів наземного моніторингу, кількісного оцінювання стану повітря на базі супутникових даних, якісного оцінювання у вигляді інтерполяційної мапи індексу якості повітря та застосуванням моделі CALPUFF, що забезпечує комплексне оцінювання якості повітря у заданому регіоні.

Запропоновано:

- підходи до інтеграції різних компонентів системи моніторингу якості повітря, що забезпечують ефективну обробку даних та їх інтеграцію з існуючими екологічними та інформаційними системами;
- архітектурне рішення для агрегації наземних та супутникових даних та розрахунку оцінки якості повітря.

Досліджено:

- процеси зміни якості повітря;
- вплив метеорологічного стану на розповсюдження забруднення;
- існуючі оцінки якості повітря;
- інформаційні системи та програмні забезпечення що створені для аналізу стану повітря.

Практичне значення отриманих результатів

Отримані практичні результати дослідження, зокрема, розроблену інформаційну систему, можна застосовувати:

- для інформування органів державної влади та місцевого самоврядування, а також громадян про рівень та динаміку забруднення повітря у заданому регіоні,
- планування розвитку регіонів, при проектування розвитку міст, потенційної вартості земельних ділянок тощо;
- для ретроспективного аналізу та прогнозування рівня забрудненості повітря на основі збережених в системі даних.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в діяльність Департаменту екологічної політики Дніпровської міської ради як система підтримки прийняття рішень щодо стану якості повітря та в навчальний процес кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації

Матеріали дисертаційних досліджень оприлюднені 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.

Матеріали публікацій в достатній мірі висвітлюють основний зміст дисертаційних досліджень та отриманих результатів.

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на 5-му семінарі з сучасних технологій машинного навчання та науки про дані (MoMLLeT & DS 2023) та 4-му Міжнародному семінарі з інтелектуальних інформаційних технологій та систем інформаційної безпеки (IntelITSIS-2023).

Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* розкрито актуальність дослідження, визначено мету та завдання, об'єкт і предмет дослідження, методи та підходи, що використовувалися, а також підсумовані результати роботи. Цей розділ підкреслює важливість теми для сучасного стану довкілля та технологій моніторингу, а також окреслює основні напрями та очікувані досягнення дисертації.

У *першому розділі* проведено ретельний аналіз існуючих технологій та наукових праць, що мають відношення до теми дисертаційної роботи. Розглянуто українські та міжнародні стандарти якості повітря. Також в роботі розглянуті існуючі програмні продукти для моделювання та оцінки якості повітря. На основі цього аналізу виділено недоліки наявних систем та сформульовано вимоги до нової інформаційної системи моніторингу якості повітря.

Другий розділ присвячений опису джерел даних, що використовуються в системі. Це включає супутникові дані, дані зі станцій наземного моніторингу та метеорологічні дані. Проаналізовано різні моделі дисперсії газів та їх можливі модифікації. Обрана модель CALPUFF у поєднанні з методом IDW, яка забезпечує високу якість оцінки завдяки врахуванню багатьох факторів.

У *третьому розділі* розглянуто технології та архітектурні рішення. Проаналізовані можливі варіанти протоколів обміну даними, архітектур мережевих протоколів, а також провайдери хмарних послуг, необхідні для створення інформаційної системи. Задля модульності та гнучкості системи обрано сервісно-орієнтовну архітектуру, що дозволить розбити систему на незалежні сервіси, кожен з яких виконує певну функцію і може взаємодіяти з іншими сервісами через чітко визначені інтерфейси

У четвертому розділі присвячено можливостям практичного застосування розробленої системи. Наведено стек технологій, на якому побудована система. Детально описано схему роботи обраних моделей, їх комбінацію для уточнення моделювання та надання більш повної картини розподілу забруднень. Наведено результати стрес-тестування системи, включаючи показники відмови та тривалість запиту.

У висновках підведено підсумки роботи, які відображають основні досягнення та результати наукових досліджень. Перелік використаних джерел містить повну інформацію про літературні та інформаційні джерела, які були залучені в процесі дослідження, а додатки доповнюють основний текст роботи детальними даними та ілюстративними матеріалами.

Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Дисертаційна робота має традиційну структуру і складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків.

Усі розділи дисертації структуровані, достатньо логічно пов'язані між собою та об'єднані навколо визначеної мети дослідження. Основні висновки та рекомендації логічно випливають з поданих у розділах роботи результатів.

Робота написана українською мовою із застосуванням сучасної наукової термінології. Виклад матеріалу є логічним, послідовним і відповідає вимогам, що висуваються до наукових праць.

Зауваження до змісту дисертаційної роботи

1. В першому розділі «Аналіз існуючих технологій оцінки якості повітря» автору доцільно було систематизувати результати проведеного аналізу існуючого програмного забезпечення оцінки якості повітря та виокремити переваги і недоліки існуючих розробок, що дало б можливість більш обґрунтовано та чітко сформулювати постановку задач дослідження і висновки до розділу.
2. В розділі 2 на с. 41 автор для розрахунку індексу якості повітря AQI обрав рівняння зваженої суми концентрацій різних забруднювачів. Однак, з тексту роботи не зрозумілі підстави вибору саме такого підходу.

3. В підрозділі 2.3 ретроспективний опис моделі GFS та особливостей шарів атмосферного тиску доцільно було винести у додатки, оскільки це є допоміжна інформація.
4. На с. 65 зазначено, що доповнення моделі CALPUFF методом IDW поліпшує точність та достовірність результатів прогнозування розподілу забруднень у повітрі. Однак, відсутнє обґрунтування і числова оцінка поліпшення точності та достовірності.
5. В підрозділі 3.1 «Порівняння провайдерів хмарних послуг» автором проаналізована декілька провайдерів хмарних послуг в контексті їх функціоналу та сервісів. Доцільно було б навести результати аналізу і в контексті технічних параметрів.
6. Сумнівною є доцільність наведення в дисертаційному дослідженні опису відомих протоколів UDP, TCP та HTTP (підрозділ 3.3).
7. В підрозділі 3.7 наведено теоретичний опис архітектур, який доцільніше було б винести в додатки.
8. В розділі 4 було б доречно навести порівняння функціоналу існуючих систем та розробленої інформаційної системи у вигляді таблиці.
9. В тексті дисертаційної роботи використовується значна кількість скорочень та термінів, не завжди загальноприйнятих, які доцільно було б винести в розділ «Перелік термінів та скорочень», що полегшило б розуміння викладеного матеріалу.
10. Текст дисертаційної роботи містить значну кількість граматичних, синтаксичних та друкарських помилок.

Вказані зауваження не є принциповими, не ставлять під сумнів наукову новизну та практичну цінність результатів дослідження і не впливають на загальне позитивне оцінювання дисертаційної роботи та рівня кваліфікації здобувача.

Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

За своїм змістом та отриманими науковими результатами дисертаційна робота повністю відповідає Стандарту вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня галузі знань 12 Інформаційні технології зі спеціальності 121

Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми.

Загальні висновки

Дисертаційна робота Молодця Богдана Володимировича на тему «Розроблення технологій і програмного забезпечення для оперативного моніторингу якості повітря» є завершеною кваліфікаційною науковою працею, у якій отримані нові науково обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують актуальне науково-прикладне завдання вдосконалення існуючих методів моніторингу та розроблення нових технологічних рішень для забезпечення точного вимірювання показників якості повітря.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість і достовірність, а також значну практичну цінність сформульованих положень і висновків, можна стверджувати, що дисертаційна робота Молодця Б. В. на тему «Розроблення технологій і програмного забезпечення для оперативного моніторингу якості повітря» за своїм змістом відповідає вимогам до оформлення дисертації, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 р., 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 КМУ від 12.01.2022 р. № 44, та чинним вимогам МОН України, а її автор, Молодець Богдан Володимирович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент

Професор кафедри інформаційних технологій, проректор з науково-педагогічної роботи Приватного закладу вищої освіти «ІТ СТЕП Університет», доктор технічних наук, доцент "ІТ СТЕП



Тарас РАК