

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. Основними завданнями роботи є аналіз існуючих методів та засобів моніторингу якості повітря, розробка нових методів збору та обробки даних про якість повітря, створення програмного забезпечення для автоматизованого збору та аналізу даних, впровадження розробленої інформаційної системи у реальні умови експлуатації, оцінка ефективності та точності запропонованих методів і технологій

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

Проблеми моніторингу якості повітря є багатограничними і можуть включати різноманітні аспекти, такі як технічні (складність інтеграції даних з різних джерел в єдину систему), організаційні (відсутність ефективної координації між різними організаціями та відомствами, що займаються моніторингом якості повітря, недостатнє фінансування досліджень і розробок), економічні (відсутність стимулів для інвестицій у розвиток систем моніторингу якості повітря) та соціальні (низький рівень обізнаності населення про важливість моніторингу якості повітря). Інформаційна система моніторингу якості повітря може ефективно вирішувати багато з описаних проблем, забезпечуючи точний, оперативний і надійний збір, обробку та аналіз даних. Використання економічно ефективних рішень, таких як хмарні технології, що знижує витрати на інфраструктуру. Автоматизація процесів збору та обробки в системі сприяє оптимізації витрат, а використання стандартизованих протоколів обміну даними полегшує інтеграцію.

В зв'язку з цим актуальність тематики, пов'язаної з розробленням технологій та програмного забезпечення оперативного моніторингу якості повітря, не викликає сумнівів.

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.

2. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Здобувач провів детальний аналіз існуючих проблем, пов'язаних з моніторингом якості повітря, що включає вивчення наукових праць, технологій та

існуючих систем. На основі проведеного аналізу була розроблена концепція нової інформаційної системи моніторингу якості повітря, яка враховує сучасні вимоги та технологічні можливості. Було здійснено аналіз існуючих моделей оцінки якості повітря, і на основі цього аналізу обрано оптимальні моделі для інтеграції в розроблювану систему. Здобувач відібрав та інтегрував різноманітні джерела даних, включаючи мережі наземних станцій, супутникові знімки та інші інформаційні системи, що забезпечило комплексний підхід до збору даних. Після проведення аналізу різних мережевих архітектур, що дозволило обрати оптимальну архітектуру для забезпечення ефективного функціонування системи моніторингу, здобувач розробив прототип програмного забезпечення для моніторингу якості повітря, який дозволяє здійснювати збір, обробку та аналіз даних в режимі реального часу.

Здобувачем було здійснено апробацію розробленої системи в реальних умовах, що дозволило оцінити її практичну цінність. Усі результати розрахункових та теоретичних досліджень, які виносяться на захист, здобувач отримав самостійно, що свідчить про високий рівень його наукової та технічної компетенції.

3. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій

Наукові положення базуються на сучасних методологіях розробки програмного забезпечення, зокрема, розробки архітектури програмного забезпечення, веб-технологій, баз даних та інформаційних систем. Використання цих методологій забезпечує високу якість та надійність отриманих результатів. У роботі використано сучасні математичні моделі та алгоритми, такі як модель CALPUFF та метод IDW, які забезпечують високий рівень точності при прогнозуванні та оцінці забруднення повітря. Обрані моделі були ретельно проаналізовані та адаптовані до конкретних умов дослідження. Результати роботи були піддані експериментальній перевірці, що включає тестування системи в реальних умовах та оцінку її ефективності. Проведені експерименти підтвердили коректність теоретичних положень та працездатність розробленої системи.

4. Ступінь новизни результатів, їх теоретичне та практичне значення

Дисертаційна робота внесла значний вклад у розвиток теоретичних основ моделювання забруднення повітря, зокрема нові підходи до прогнозування та аналізу розподілу забруднювачів. Розроблені нові підходи до інтеграції різних компонентів системи моніторингу якості повітря, що забезпечують ефективну обробку даних та їх інтеграцію з існуючими екологічними та інформаційними системами.

Вперше:

- запропонована архітектура системи, що забезпечує автоматизацію процесів збору, обробки та серіалізації даних, що здійснювати збір, обробку та аналіз даних в режимі реального часу;

- створена інформаційна система, що забезпечило комплексний та автоматизований збір даних, агрегуючи дані з різних джерел;
- модернізована модель оцінки якості стану повітря, використовуючи точкову та просторову оцінку та моделі CALPUFF та метод IDW, які забезпечують високий рівень точності при прогнозуванні та оцінці забруднення повітря.

Запропоновано:

- використання сучасних математичних моделей для прогнозування змін та оцінки якості повітря;
- прототип програмного забезпечення для моніторингу якості повітря, який дозволяє здійснювати збір, обробку та аналіз даних в режимі реального часу;
- інтегрувати різноманітні джерела даних, включаючи мережі наземних станцій, супутникові знімки та інші інформаційні системи, що забезпечило комплексний підхід до збору даних.

Досліджено:

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

5. Практичне значення отриманих результатів

Вважаю, що результати, отримані в дисертаційній роботі, мають значне практичне значення. Система надає громадянам доступ до актуальної інформації про стан повітря у їхньому регіоні, що сприяє підвищенню екологічної свідомості та прийняттю екологічно відповідальних рішень. Відкритий доступ до даних про якість повітря сприяє підвищенню прозорості та підзвітності органів влади перед громадськістю.

Результати досліджень та розроблене програмне забезпечення можуть бути використані місцевими та державними органами влади для прийняття обґрунтованих рішень у сфері екологічної політики та управління якістю повітря. Тому результати практичного дослідження були впроваджені Департаментом екологічної політики Дніпровської міської ради як система підтримки прийняття рішень щодо стану якості повітря.

6. Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації

У роботі розглянуто та опубліковано нові методологічні підходи до моделювання забруднення повітря та розробки інформаційних систем. 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. Таким чином, основні положення дисертації отримали достатню публікацію у наукових журналах

та конференціях. Це підтверджує їхню наукову і практичну значимість та забезпечує визнання внеску роботи в розвиток технологій моніторингу якості повітря.

7. 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 сучасної екології та технологій моніторингу, а також окреслює основні напрями та очікувані досягнення дисертації.

У *першому розділі* дисертації проведено комплексний аналіз наявних технологій і наукових досліджень, що стосуються теми дослідження. Огляд охоплює як українські, так і міжнародні стандарти якості повітря, з акцентом на порівняння їхніх вимог і методів. Досліджено сучасні програмні рішення для моделювання та оцінки якості повітря, в тому числі їхні можливості та обмеження. На основі цього аналізу виявлено слабкі місця існуючих систем, такі як недостатня точність прогнозування, обмежена інтеграція з різними джерелами даних, і недостатня гнучкість у адаптації до змінних умов. Сформульовано вимоги до нової інформаційної системи моніторингу якості повітря, що включають підвищення точності оцінки, інтеграцію з різними типами даних, та забезпечення реального часу для обробки та відображення інформації.

Другий розділ зосереджений на описі джерел даних, які будуть використані в системі моніторингу. Проаналізовано супутникові дані, дані з наземних моніторингових станцій і метеорологічні дані, зокрема їхні переваги та обмеження. Досліджено різні моделі дисперсії газів, включаючи їх можливі модифікації для покращення точності прогнозування. Вибір припав на модель CALPUFF у поєднанні з методом IDW через її здатність враховувати численні фактори, що впливають на розподіл забруднювачів. Визначено, як ці моделі можуть бути комбіновані для отримання більш точних і всебічних оцінок якості повітря.

У *третьому розділі* розглянуто технології та архітектурні рішення, необхідні для створення інформаційної системи. Він включає детальний аналіз протоколів обміну даними, архітектур мережевих протоколів та вибір провайдерів хмарних послуг. Описано обране сервісно-орієнтоване архітектурне рішення, яке дозволяє розбити систему на незалежні сервіси, кожен з яких виконує конкретну функцію і взаємодіє з іншими через чітко визначені інтерфейси. Це рішення забезпечує гнучкість і масштабованість системи, а також спрощує процес інтеграції нових компонентів і технологій.

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. Оцінено результати стрес-тестування системи, що включають показники надійності, тривалість запитів, і здатність системи обробляти великі обсяги даних без зниження

продуктивності. Цей розділ також містить рекомендації для подальшого вдосконалення системи на основі проведених тестів і аналізу отриманих результатів.

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.

8. Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення

Дисертаційна робота має класичну структуру, що включає вступ, чотири основні розділи, висновки, перелік використаних джерел та додатки. Вона написана українською мовою з використанням актуальної наукової термінології. Матеріал викладено логічно та послідовно, відповідно до вимог наукових праць. Зміст роботи чітко відображає основні результати проведених досліджень, що дозволяє всебічно оцінити значущість отриманих даних і запропонованих рішень.

9. Зауваження щодо змісту дисертації

- В другому розділі було б доречно вказати всі джерела, звідки були отримані дані, та забезпечити їх чітку атрибуцію. Може бути корисно надати більше інформації про надійність і репутацію джерел;
- До переліку умовних позначень було б непогано додати WSGI та GFS, які часто зустрічаються по тексту дисертації.

10. Відповідність дисертації спеціальності, за якою вона подається до захисту

Дисертаційна робота Молодця Б. В. «Розроблення технологій та програмного забезпечення оперативного моніторингу якості повітря» повністю відповідає спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

11. Загальні висновки

Дисертація робота Молодця Богдана Володимировича є завершеним науковим дослідженням на актуальну тему. Результати дослідження мають значну теоретичну та практичну цінність, оскільки формують нові основи для розвитку технологій та програмного забезпечення, які забезпечують оперативний моніторинг якості повітря. Робота пропонує нові підходи до точного оцінювання забруднення атмосферного повітря, які базуються на вдосконаленні методів збору даних та розробці нових алгоритмів для аналізу і моделювання якості повітря.

Враховуючи актуальність, новизну, важливість одержаних автором наукових результатів, їх обґрунтованість та достовірність, а також практичну цінність сформульованих положень і висновків, вважаю, що дисертаційна робота Молодця Богдана Володимировича «Розроблення технологій та програмного забезпечення

оперативного моніторингу якості повітря», яка представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення, відповідає встановленим вимогам, а її автор Молодець Богдан Володимирович заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент

кандидат технічних наук, доцент
кафедри інформаційних технологій та
комп'ютерної інженерії
Національного технічного
університету «Дніпровська
політехніка»

Катерина СЕРГЄЄВА

Підпис Катерини СЕРГЄЄВОЇ
засвідчую:

Учений секретар Вченої ради
НТУ «Дніпровська політехніка»



Таїсія КАЛЮЖНА