

РЕЦЕНЗІЯ

кандидатки технічних наук, доцентки Порплиці Наталії Петрівни

на дисертаційну роботу

Файфури Василя Васильовича на тему:

«Математичне та програмне забезпечення для моделювання поширення мікропластику в приземному шарі атмосфери»

на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність теми дослідження. Останнім часом проблема забруднення середовища мікропластиком стала однією з тих, що стрімко переходять із академічної периферії у сферу практичної екологічної політики. Попри це, атмосферний канал поширення мікропластику залишається малодослідженим, особливо на локальному рівні. Саме тому дисертаційне дослідження Файфури В. В. порушує надзвичайно важливу тему, а саме: розробку засобів для аналізу поширення мікропластику в повітрі.

Автор пропонує прикладне рішення, яке базується на математичному моделюванні процесів поширення частинок мікропластику в приземному шарі атмосфери. Особливу увагу в роботі приділено таким джерелам, як дорожня інфраструктура і об'єкти сфери поводження з твердими побутовими відходами. Саме ці джерела є одними з головних факторів формування забруднення атмосфери мікропластиком, оскільки вони присутні практично в кожному населеному пункті, а їх функціонування спричиняє значний негативний вплив на якість повітря.

Серед технологічно значущих рішень, що обґрунтовують актуальність роботи, варто відзначити використання у роботі рівняння адвекції-дифузії-реакції з адаптивним налаштуванням параметрів на основі обмеженої лабораторної вибірки. Такий підхід дозволяє не лише зберегти точність моделювання в умовах браку повних даних, а й суттєво знизити вартість проведення оцінок внаслідок зменшення обсягу дорогих лабораторних

досліджень. Це особливо важливо для прикладного впровадження результатів дисертаційного дослідження в умовах обмежених ресурсів. Крім того, реалізація математичного ядра моделі в поєднанні з геоінформаційною платформою надає змогу інтегрувати просторові сценарії поширення мікропластику, візуалізувати ризикові зони та локалізувати потенційні джерела забруднення. Такий функціонал відкриває перспективи не лише для наукового аналізу, а й для ухвалення управлінських рішень у сфері охорони довкілля.

Таким чином, дисертаційна робота та отримані в ній наукові результати є своєчасними та мають вагоме значення як у науковому, так і в прикладному аспектах.

Особистий внесок дисертанта в отримані наукові результати. Особистий внесок здобувача полягає у розробці математичних моделей на основі рівняння адвекції-дифузії-реакції, обґрунтуванні методів інтервального оцінювання концентрацій мікропластику та адаптивного налаштування параметрів моделі з урахуванням обмежених вибірок лабораторних досліджень.

Також здобувач здійснив розробку архітектури програмного забезпечення, що забезпечує чисельне розв'язання моделей, обробку експериментальних даних та їх візуалізацію із залученням геоінформаційних технологій. Представлені результати, зокрема побудовані моделі, обчислювальні схеми та реалізовані технічні рішення, демонструють цілісність дослідження та є логічно пов'язаними між собою в межах єдиної наукової концепції. Це, у поєднанні з цілісною структурою дисертації та змістом публікацій здобувача дозволяє зробити висновок про самостійний характер виконаної роботи.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертації, мають достатній рівень обґрунтованості, який забезпечено системним підходом до вирішення поставлених завдань. Математичні моделі, представлені в роботі, базуються на сучасних підходах математичного

моделювання, включаючи рівняння адвекції-дифузії-реакції, інтервальний аналіз, а також чисельні та оптимізаційні методи, зокрема гібридні методи оптимізації.

Обґрунтованість отриманих результатів підкріплюється їх відповідністю відомим фізичним характеристикам процесів, що моделюються, а також застосуванням комбінованого підходу, в якому поєднуються польові заміри та лабораторні дослідження. Реалізований автором метод адаптивного налаштування моделей дозволяє підвищити точність прогнозування за рахунок ефективного використання обмежених вибірок емпіричних даних. Залучення таких підходів свідчить про глибоке розуміння природи досліджуваних явищ і підтверджує наукову цінність сформульованих положень.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження.

Результати дисертаційної роботи Файфури В. В. відзначаються науковою новизною, що викладена у наступних положеннях:

- вперше розроблено та обґрунтовано комбінований підхід до отримання інтервальних оцінок концентрацій мікропластику в точках спостереження. На відміну від наявних підходів, він поєднує дані польових вимірювань завислих речовин з лабораторними аналізами мікропластику в межах обмеженої вибірки. Це дозволило зменшити обсяг необхідних досліджень для побудови та перевірки моделей атмосферного поширення мікропластику;
- вперше запропоновано метод адаптивного налаштування параметрів математичних моделей поширення мікропластику у приземному шарі атмосфери на основі рівняння адвекції-дифузії-реакції. Метод передбачає застосування гібридних оптимізаційних стратегій у поєднанні з інтервальними оцінками, що забезпечує гарантовану точність моделей і зменшує потребу у масштабних експериментальних даних;
- набули подальшого розвитку математичні моделі атмосферного поширення мікропластику, в яких враховано фізичні особливості процесу

залежно від типу джерела забруднення. Це дозволило підвищити точність обчислень і забезпечити стабільність прогнозних результатів;

- набули подальшого розвитку архітектурні підходи до реалізації програмного комплексу для моделювання поширення мікропластику. Запропоновано структуру, що поєднує зв'язані модулі для обробки просторових даних із сервісно-орієнтованими компонентами для підключення обчислювальних модулів, що забезпечує гнучкість, масштабованість і інтеграцію з різними джерелами даних.

Повнота викладу основних положень дисертації в наукових публікаціях. Опубліковані здобувачем матеріали у кількості 10 праць відображають ключові складові дисертаційного дослідження. Структура публікацій охоплює 3 статті у фахових наукових виданнях (у т. ч. 1 статтю, індексовану в базі Scopus, квартиль Q3 згідно SCImago), 5 публікацій у збірниках матеріалів конференцій (3 з них – міжнародні, з індексацією в Scopus) та 2 статті у наукових журналах України. Такий розподіл дає змогу вважати результати достатньо апробованими як у спеціалізованому рецензованому середовищі, так і на наукових конференціях.

Тематика публікацій корелює з основними напрямками дисертації: формалізацією математичних моделей поширення мікропластику, інтервальним підходом до оцінювання концентрацій, адаптивним налаштуванням параметрів рівняння адвекції-дифузії-реакції, архітектурою програмного комплексу та інтеграцією з геоінформаційними засобами. У публікаціях простежується послідовність висвітлення – від постановки задач і методичних засад до прикладних аспектів реалізації.

Оцінка структури дисертації, мови та стилю викладення матеріалу. Структура дисертації є логічною та цілісною, відповідає чинним вимогам. Робота складається з чотирьох розділів: перший містить аналіз проблеми та формулювання задач; другий описує використані методичні підходи і математичний апарат; третій подає побудову й специфікацію моделей для різних

типів антропогенних джерел; четвертий характеризує програмну реалізацію, архітектурні рішення та інтеграцію з геоінформаційними компонентами. Після кожного розділу наведено локальні висновки, що коректно підсумовують виклад і забезпечують логічний перехід до наступного етапу; у завершенні сформульовано узагальнюючий висновок. Змістових дублювань і логічних розривів не виявлено.

Виклад тексту роботи логічний та послідовний. Поодинокі несуттєві термінологічні варіації не впливають на загальну оцінку та якість роботи.

Дискусійні положення та зауваження до дисертаційного дослідження.

1. Запропоновані моделі охоплюють складні фізико-математичні процеси (адвекція, дифузія, реакція), що сприяє підвищенню точності результатів. Водночас така складність може створювати бар'єри для їх застосування в реальних умовах – зокрема в системах, що працюють у режимі реального часу або мають обмежені обчислювальні ресурси. Саме тому виникає питання, щодо оптимізації обчислювальних витрат, та як це враховано у результатах проведених досліджень?
2. Враховуючи новизну досліджуваної теми, використання існуючих даних для обмеження параметрів моделей (наприклад, швидкості осадження, коефіцієнтів поверхні) є допустимим і методично виправданим. Однак, навіть при відсутності сумнівів у достовірності джерел, не можна повністю виключити ризики, пов'язані з можливою регіональною варіативністю або недостатньою вивченістю деяких характеристик. Це доцільно зазначити як фактор, що потребує подальших емпіричних уточнень.
3. У дисертаційній роботі комунікація між компонентами системи реалізована через HTTP-запити з використанням REST API, що є загальноприйнятим і надійним підходом. Водночас, автор зазначає можливість безперервного моніторингу за допомогою портативної вимірювальної станції. В умовах реального часу доцільним було б розглянути застосування двосторонніх протоколів зв'язку, зокрема

WebSocket, для оптимізації обміну повідомленнями між сенсорами та серверною частиною, зниження затримок та підвищення ефективності передачі даних.

4. У роботі не наведено аналізу «чутливості» моделей до вибору інтервалу оновлення вибірки вхідних даних. Саме тому, залишається відкритим питання про мінімально допустиму частоту надходження експериментальних даних, за якої зберігаються заявлені прогностичні властивості розроблених математичних моделей.
5. Описана портативна вимірювальна станція передбачає мережеву передачу даних, однак у переліку апаратних компонентів відсутній модем стільникового (GSM/LTE) зв'язку. Це обмежує застосування у віддалених локаціях без надійного доступу до локальної мережі (Wi-Fi / Ethernet) і знижує оперативність у сценаріях, де потрібен безперервний польовий моніторинг.

Однак, зазначені недоліки не впливають на в цілому позитивну оцінку дисертаційної роботи та не зменшують її наукової та практичної цінності.

Відсутність порушення академічної доброчесності.

У дисертації Файфури В.В. відсутні порушення академічної доброчесності. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів містять посилання на відповідні джерела.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Файфури Василя Васильовича на тему «Математичне та програмне забезпечення для моделювання поширення мікропластику в приземному шарі атмосфери» характеризується цілісністю концепції, коректним поєднанням математичного апарату з програмною реалізацією та апробацією на експериментальних даних. Отримані результати мають наукову новизну і прикладне значення для задач локального та регіонального моніторингу джерел забруднення мікропластиком. Структура, рівень опрацювання матеріалу та обсяг публікацій відповідають вимогам до

дисертаційних робіт на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення». Виявлені зауваження мають несистемний характер і не знижують загальної наукової та практичної цінності дослідження. Робота заслуговує позитивної оцінки, а її автор – присудження наукового ступеня доктора філософії.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною та практичною значущістю отриманих результатів дисертаційна робота «Математичне та програмне забезпечення для моделювання поширення мікропластику в приземному шарі атмосфери» відповідає 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 Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44, а її автор – Файфура Василь Васильович – заслуговує присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Рецензентка:

кандидатка технічних наук, доцентка,

доцентка кафедри комп'ютерних наук,

Західноукраїнського національного

університету



Наталія ПОРПЛИЦЯ

Підпис	<i>Н. Порплиця</i>
Завіряю:	
НАЧАЛЬНИК ЗАГАЛЬНОГО ВІДДІЛУ	<i>А. Семен</i>