

Спеціалізованій вченій раді ДФ 76.051.054
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича,
(58002, м. Чернівці, вул. Коцюбинського 2)

ВІДГУК

**офіційного опонента - доктора технічних наук, професора, завідувача
кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного університету
Криворучко Олени Володимирівни
на дисертаційну роботу Сидора Петра Олеговича
на тему: «Методи прогнозування природних катастроф на основі
технологій штучного інтелекту», поданої на здобуття наукового ступеня
доктор філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного
забезпечення, галузі знань 12 – Інформаційні технології**

1. Актуальність теми дисертації

У сучасному світі частота природних катастроф, таких як лісові пожежі, урагани, паводки та інші кризові явища, зростає під впливом кліматичних змін, урбанізації та антропогенного впливу. Це створює значні виклики для безпеки суспільства, економіки та екології, зокрема у сфері туризму, яка активно розвивається та стає все більш глобалізованою.

Особливої актуальності дослідження набуває у контексті:

- 1. Зростання ризиків природних катастроф:** Зміни клімату спричиняють збільшення частоти та інтенсивності природних катастроф. Наприклад, лісові пожежі у США, Австралії та Португалії або катастрофічні паводки у Європі та Азії вимагають розробки більш точних і своєчасних методів прогнозування. Це критично важливо для попередження загроз життю людей, інфраструктурі та екології.
- 2. Потреби туризму та індивідуальної мобільності:** Туризм, як одна з найпопулярніших галузей сучасного світу, вимагає нових підходів до забезпечення безпеки туристів. Туристи очікують на доступ до достовірної інформації про потенційні ризики, щоб планувати подорожі у безпечні регіони. Це створює запит на інноваційні рішення в галузі інформаційних технологій.
- 3. Технологічний прогрес:** Використання технологій штучного інтелекту (ШІ), машинного навчання (ML) та аналізу великих даних (Big Data) дозволяє значно покращити прогнозування природних катастроф. Це забезпечує можливість створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, які можуть не лише прогнозувати ризики, але й формувати рекомендації щодо запобігання чи зменшення їхніх наслідків.

4. Міждисциплінарний підхід: Дослідження вимагає інтеграції знань з різних галузей – програмної інженерії, метеорології, географії, екології та математичного моделювання. Це дозволяє розробити комплексні та універсальні методи для різних типів природних катастроф.
5. Реалізація в умовах України та світу: Для України, як і для багатьох інших країн, проблема природних катастроф є надзвичайно актуальною. Інтенсивність паводків у Карпатському регіоні, посухи у степовій зоні та зсуви в гірських районах вимагають впровадження сучасних технологій прогнозування для захисту населення та економічних ресурсів.
6. Інноваційність підходу: Відмінною рисою даного дослідження є використання сучасних технологій штучного інтелекту, таких як нейронні мережі (LSTM), системи з нечіткою логікою (ANFIS) та гібридні моделі, що дозволяють значно покращити точність прогнозів та адаптувати їх для складних і нестабільних даних.

Усі ці фактори роблять дослідження дисертаційної роботи не лише актуальним, а й соціально значущим, спрямованим на підвищення рівня безпеки та комфорту як у сфері туризму, так і в суспільстві загалом.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертаційна робота Сидора Петра Олеговича має чітко визначену структуру, складається з чотирьох розділів, які охоплюють теоретичні, методичні та прикладні аспекти дослідження, та завершується висновками, списком використаних джерел і додатками.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження, описано застосовані методи, розкрито наукову новизну і практичне значення роботи. Також наведено інформацію про апробацію результатів дослідження, кількість публікацій автора та впровадження розробок.

В *першому розділі*. Проведено літературний огляд і аналіз предметної області. Описано стан досліджуваної проблеми, розглянуто існуючі методи прогнозування природних катастроф, їх переваги та недоліки. Проведено класифікацію сучасних підходів до прогнозування природних явищ (лісових пожеж, ураганів, паводків) із застосуванням методів штучного інтелекту.

Другий розділ присвячено розробці математичних моделей та алгоритмів прогнозування природних катастроф. Детально описано використання різних методів, зокрема систем із нечіткою логікою (ANFIS), нейронних мереж, включаючи LSTM, та гібридних підходів. Надано характеристику методів кореляційного та лагового аналізу, R/S аналізу, дерев рішень та ансамблевих моделей для підвищення точності прогнозів.

У *третьому розділі* представлено результати моделювання природних катастроф за розробленими методами. Здійснено оцінку точності моделей на основі реальних даних про природні явища у різних країнах (США, Португалія, Греція). Проведено детальний аналіз чутливості та обґрунтовано переваги застосування запропонованих методів у порівнянні з традиційними підходами.

Четвертий розділ присвячено розробці інформаційної технології для підтримки прийняття рішень у сфері прогнозування природних катастроф. Описано архітектуру створеної системи, особливості її впровадження в реальні умови та результати апробації.

У *висновках* узагальнено основні результати роботи, сформульовано рекомендації щодо подальших досліджень та можливостей практичного застосування отриманих результатів.

У *додатках* наведено акти впровадження результатів дисертації, список публікацій здобувача, технічні специфікації розроблених моделей, а також зразки вихідного коду.

3. Наукова новизна дисертаційної роботи

Наукова новизна дисертаційної роботи Сидора Петра Олеговича визначається розробкою нових підходів, удосконаленням існуючих методів і створенням інноваційної інформаційної технології для прогнозування природних катастроф. Вважаю, що такими новими результатами, отриманими Сидором П.О, є:

– Вдосконалено математичні моделі прогнозування лісових пожеж на основі ANFIS, ANN та LSTM шляхом застосування кореляційного та лагового аналізу з використанням сплайн-інтерполяції для виявлення часових затримок між піками сонячної активності та виникненням пожеж, що дозволило підвищити точність прогнозування до 93% для великих та 92% для малих пожеж

– Розроблено нові методи прогнозування ураганів з точністю до 92%, що забезпечують поліпшене відтворення їхньої динаміки.

– Розроблено ансамблеві моделі та класифікаційні алгоритми на основі дерев рішень, які дозволили досягти точності прогнозування паводків до 97% на один день уперед і 92% на дев'ять днів уперед.

– Уперше створено MLOps технологію для роботи з малими та середніми обсягами даних, яка використовує імперативну модель і забезпечує ефективну інтеграцію алгоритмів прогнозування в програмні системи. Це сприяло зниженню складності виконання програмних потоків, зберігаючи високу точність прогнозів.

– Вдосконалено UML модель через інтеграцію координатора, що створило універсальну платформу "все в одному". Ця платформа особливо ефективна для роботи з обмеженими обсягами даних і сприяє інтеграції прогнозних алгоритмів у існуючі інформаційні системи.

4. Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових результатів, висновків та рекомендацій

Наукові результати дисертаційної роботи Сидора Петра Олеговича є обґрунтованими завдяки використанню комплексного міждисциплінарного підходу, який поєднує методи машинного навчання (ANFIS, LSTM, ANN), статистичні аналізи (кореляційний, лаговий, R/S аналіз) та інтеграцію даних з

різних джерел (метеорологічних станцій, супутникових спостережень тощо). Обґрунтованість моделей підтверджується результатами численних експериментів із прогнозування природних катастроф на основі реальних даних, які демонструють високі показники точності прогнозів.

Практична цінність роботи підтверджується апробацією отриманих результатів у діяльності Чернівецької ОДА, ГС «РТО «Гостинна Буковина» та Інституту географії Сербської академії наук та мистецтв, де розроблені моделі використовуються для аналізу ризиків природних катастроф і підвищення безпеки туристичних маршрутів. Результати дослідження публікувалися у виданнях, індексованих Scopus (Q2), що засвідчує їхню наукову достовірність та відповідність сучасним міжнародним стандартам. Висновки, зроблені в роботі, є логічними, системними і базуються на ретельному аналізі отриманих даних.

5. Рекомендації щодо використання результатів дисертації

Результати дисертаційної роботи Сидора Петра Олеговича можуть бути використані для створення інформаційних систем підтримки прийняття рішень у сфері прогнозування природних катастроф. Розроблені моделі та алгоритми інтегруються в туристичні платформи для забезпечення безпеки подорожей, надаючи користувачам можливість отримувати оперативну інформацію про потенційні загрози в конкретних регіонах. Крім того, методи можуть бути застосовані державними структурами для моніторингу природних явищ і планування заходів цивільного захисту, а також екологічними організаціями для оцінки ризиків та розробки стратегій збереження довкілля. Отримані результати мають перспективу впровадження у навчальний процес для підготовки фахівців у галузі програмної інженерії та управління ризиками.

6. Публікації та апробація результатів дисертаційної роботи

Результати дисертаційної роботи Сидора Петра Олеговича знайшли відображення у 8 публікаціях, з яких 4 є статтями в рецензованих виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних (одна з них індексована в Scopus, Q2). Три публікації розміщено у фахових українських виданнях, а одна представлена у матеріалах міжнародної конференції, індексованої в Scopus. Серед публікацій є роботи, присвячені розробці математичних моделей прогнозування паводків, ураганів та лісових пожеж, а також створенню інформаційної технології для підтримки прийняття рішень.

Апробація результатів роботи здійснювалася на міжнародних та всеукраїнських конференціях, зокрема на IEEE 1st International Conference on System Analysis and Intelligent Computing (SAIC, 2018, Київ), міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту» (2018, Херсон) та конференції «Комп'ютерне моделювання та програмне забезпечення інформаційних систем і технологій» (КМПЗ_2024, Чернівці). Це свідчить про міжнародне визнання результатів дослідження та їх актуальність для наукової спільноти.

7. Оформлення дисертації

Анотація дисертації є достатньо інформативною, її зміст повністю відповідає змісту дисертаційної роботи. Текст дисертації написано грамотною технічною мовою. Дисертація викладена логічно, послідовно та коректно. Оформлення дисертації повністю відповідає вимогам, рекомендованим Міністерством освіти і науки України.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. *Недостатньо розкрито практичний контекст застосування розроблених моделей у різних регіональних умовах.* Більше прикладів впровадження, особливо в умовах нестабільних даних у реальних ситуаціях, могло б підвищити практичну значущість роботи.

2. *Обмежений аналіз альтернативних підходів.* У роботі варто було б глибше порівняти розроблені моделі з іншими сучасними методами прогнозування природних катастроф, щоб більш чітко підкреслити їхні переваги та недоліки.

3. *Недостатньо висвітлено процес підготовки і отримання вхідних даних (Exploratory Data Analysis).* Було б корисно описати можливі обмеження використання запропонованих методів у критичних умовах, наприклад, за відсутності достатнього обсягу даних або їх значної *нестабільності*.

4. *Обмеження інтеграції в існуючі інформаційні системи.* Хотілося б побачити детальніший опис можливостей адаптації розроблених моделей до різних інформаційних платформ, особливо тих, які вже використовуються державними органами чи туристичними операторами.

5. *Недостатня увага до вимог обчислювальних ресурсів.* Використання методів машинного навчання, таких як LSTM, вимагає значних обчислювальних потужностей. Більш детальний аналіз ефективності алгоритмів з точки зору ресурсів зробив би висновки роботи кориснішими для практичного впровадження.

6. *Відсутність рекомендацій щодо подальших досліджень.* Було б доцільно запропонувати напрями майбутніх наукових розвідок, зокрема щодо прогнозування інших типів природних катастроф чи адаптації моделей до змін кліматичних умов.

9. Загальні висновки

Дисертаційна робота Сидора Петра Олеговича на тему: «Методи прогнозування природних катастроф на основі технологій штучного інтелекту» написана грамотною сучасною науково-технічною мовою, зміст викладено логічно та послідовно. Стиль викладення матеріалу сприяє доступності його сприйняття як для науковців, так і для фахівців практиків, зацікавлених у використанні результатів роботи.

Дисертаційна робота за змістом є завершеним науковим дослідженням, що містить нові науково-обґрунтовані результати, важливі для розвитку методів математичного моделювання та інформаційних технологій. Розроблені моделі прогнозування природних катастроф із використанням сучасних алгоритмів машинного навчання є актуальними, перспективними та відповідають спеціальності 121 – інженерія програмного забезпечення.

За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та кількістю публікацій дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 "Порядком 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 січня 2022 р. №44 (зі змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України №341 від 21.03.2022 р. №502 від 19.05.2023р. №507 від 03.05.2024р.), автор дисертації – Сидор Петро Олегович – заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення.

Офіційний опонент

доктор технічних наук, професор
завідувач кафедри інженерії програмного
забезпечення та кібербезпеки
Державного торговельно-економічного
університету

Олена КРИВОРУЧКО



Лідише Олена Криворучко

Учений секретар Шибелко О.І.

27.11.2024