

РЕЦЕНЗІЯ

доктора філософії, доцента, виконуючої обов'язки завідувача кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем, інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук

Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича

ГАЗДЮК Катерини Петрівни

на дисертаційну роботу Сидора Петра Олеговича на тему: «Методи прогнозування природних катастроф на основі технологій штучного інтелекту»

яка подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 - «Інженерія програмного забезпечення», галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Актуальність дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота присвячена розробці інноваційної інформаційної технології для прогнозування та мінімізації ризиків природних катастроф у контексті туристичних подорожей. Це питання набуло особливої значущості через глобальні кліматичні зміни, які спричинили зростання частоти лісових пожеж, ураганів, паводків та інших катастрофічних явищ. У сучасних умовах туристична галузь вимагає ефективних інструментів для забезпечення безпеки мандрівників та своєчасного реагування на потенційні загрози.

Запропонована автором технологія інтегрує математичні моделі прогнозування кризових явищ та методи штучного інтелекту, що дозволяє визначати рівень загрози у певних географічних локаціях, інформувати туристів про ризики і адаптувати маршрути відповідно до прогнозованих умов. Це забезпечує значне зниження негативного впливу природних катастроф на туристичну діяльність, що є особливо важливим в умовах зростаючої популярності індивідуальних подорожей та мобільних рішень

Зв'язок роботи з державними програмами, планами, темами

Дисертація виконана відповідно до планів науково-дослідних робіт кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича. Робота відповідає державній бюджетній тематиці «Дослідження, моделювання та розробка програмного забезпечення складних динамічних систем» (Державний реєстраційний номер 0121U109232).

Також результати дисертації узгоджуються із завданнями національної стратегії зменшення ризиків природних катастроф та впровадження інноваційних технологій у сфері безпеки, що входять до пріоритетів державної програми розвитку науки та техніки України. Це забезпечує практичну спрямованість роботи, сприяючи плануванню

безпечних туристичних маршрутів і підвищенню загальної стійкості до надзвичайних ситуацій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені у дисертаційній роботі Сидора П.О., є обґрунтованими та логічно взаємопов'язаними. Автор використовує широкий спектр сучасних методів аналізу, моделювання та прогнозування, таких як методи машинного навчання, нейронні мережі, LSTM, ANFIS, кореляційний аналіз та ансамблеві моделі. Комплексний підхід до розробки математичних моделей, їх адаптація до специфіки природних явищ і використання великих обсягів даних забезпечують високу точність та надійність отриманих результатів.

Обґрунтованість положень роботи підтверджується:

1. **Валідністю використаних методів:** обрані математичні моделі, зокрема нейромеревеві підходи, засновані на багатофакторному аналізі та часових рядах, відповідають сучасним вимогам до прогнозування складних динамічних систем.

2. **Репрезентативністю експериментальних даних:** у роботі використано історичні та реальні дані про природні катастрофи (лісові пожежі, урагани, паводки), що дозволило побудувати прогнози із високим рівнем точності (до 97% у окремих випадках).

3. **Впровадженням результатів:** апробація результатів дослідження в управлінських структурах, таких як Управління інвестиційної політики Чернівецької обласної державної адміністрації та Інститут географії Сербської академії наук, підтверджує їх практичну цінність та ефективність.

Рекомендації автора базуються на глибокому аналізі предметної області, що забезпечує можливість їхнього застосування для підвищення безпеки туристичних маршрутів, зменшення ризиків природних катастроф та впровадження інновацій у галузі управління ризиками.

Загалом, наукові положення, висновки та рекомендації є переконливими, методологічно обґрунтованими та мають потенціал до широкого практичного використання.

Структура дисертації

Дисертаційна робота Сидора П.О. складається з 239 сторінок, з яких основний текст займає 177 сторінок. Робота включає 49 рисунків, 48 таблиць та список використаних джерел, що нараховує 140 позицій.

Вступ містить обґрунтування актуальності теми, формулювання мети, задач, об'єкта та предмета дослідження. У вступі також зазначено зв'язок роботи з науковими програмами, описано наукову новизну та практичне

значення отриманих результатів, викладено методи дослідження, наведено інформацію про апробацію та впровадження результатів роботи.

Розділ 1. Огляд літератури та аналіз предметної області присвячений аналізу сучасних підходів і методів прогнозування природних катастроф, а також існуючих інформаційних систем для забезпечення безпеки туристів. Розглянуто переваги, недоліки та можливості застосування цих методів у контексті поставлених завдань.

Розділ 2. Методи прогнозування природних катастроф описує математичні моделі та алгоритми прогнозування, що застосовуються для лісових пожеж, ураганів та паводків. Особливу увагу приділено адаптації методів машинного навчання до різних типів природних явищ із урахуванням великих обсягів даних.

Розділ 3. Моделювання природних катастроф зосереджується на практичному застосуванні розроблених методів. Розглянуто результати прогнозів і проведено їх аналіз за критеріями точності, чутливості та надійності для різних природних явищ.

Розділ 4. Розробка інформаційної технології висвітлює архітектуру та ключові компоненти системи підтримки безпечних туристичних маршрутів. Автор детально описує інтеграцію розроблених методів у програмне забезпечення та демонструє приклади практичного використання.

Висновки містять основні підсумки дослідження, формулювання наукових результатів, практичних рекомендацій і напрямів подальших досліджень.

Список використаних джерел налічує 140 найменувань, серед яких представлені праці, що відображають основні досягнення у сфері прогнозування природних катастроф та застосування інформаційних технологій.

Додатки включають акти впровадження результатів дисертації, список публікацій автора за темою роботи та приклади програмного коду, розробленого в межах дослідження.

Наукова новизна

Дисертаційна робота Сидора П.О. містить вагомий науковий результат, що мають новизну в контексті розробки методів прогнозування природних катастроф із використанням сучасних технологій штучного інтелекту. Основні аспекти наукової новизни роботи такі:

1. **Розроблено нові математичні моделі прогнозування природних катастроф**, що базуються на інтеграції сучасних підходів машинного навчання (нейронні мережі, LSTM, ANFIS) із методами аналізу великих обсягів даних. Особливістю є врахування специфіки даних про природні явища, включаючи їх часові та просторові залежності.

2. **Вперше запропоновано MLOps-підхід** для обробки даних малих і середніх обсягів у системах прогнозування природних катастроф. Впроваджено імперативну модель обчислень, що знижує складність виконання програмних потоків і покращує швидкість обробки.

3. **Розширено можливості прогнозування лісових пожеж, ураганів та паводків** через вдосконалення алгоритмів із використанням кореляційного, лагового аналізу та сплайн-інтерполяції. Це дозволило досягти високої точності прогнозів (до 97% для паводків, 93% для великих пожеж і 92% для ураганів).

4. **Розроблено інтегровану інформаційну технологію** для планування безпечних туристичних маршрутів. У системі реалізовано інструменти для оцінки ризиків природних катастроф, прогнозування їх розвитку та автоматизованого інформування користувачів.

5. **Удосконалено UML-модель інформаційної системи**, що дозволяє створювати універсальні платформи «все в одному» для управління ризиками природних катастроф, особливо для середніх обсягів даних.

Наукова новизна результатів дисертації підтверджується їх апробацією у практичній діяльності, публікаціями в рецензованих виданнях і використанням у наукових і прикладних проектах. Отримані результати роблять вагомий внесок у розвиток методів прогнозування природних катастроф і інформаційних технологій для забезпечення безпеки.

Практичне значення одержаних результатів

Дисертаційна робота Сидора П.О. має значне практичне значення, яке реалізовано через впровадження розроблених методів, моделей і технологій у реальні умови. Основні аспекти практичного значення роботи:

1. **Розробка інформаційних систем прогнозування природних катастроф:** створені моделі прогнозування інтегровані в інформаційні технології, які дозволяють аналізувати потенційні ризики природних явищ (лісові пожежі, урагани, паводки) і оперативно надавати рекомендації щодо їх уникнення. Це сприяє підвищенню рівня безпеки населення та мінімізації впливу надзвичайних ситуацій.

2. **Забезпечення безпеки туристичних подорожей:** результати дослідження впроваджено в систему планування туристичних маршрутів, що дозволяє уникати небезпечних зон, враховуючи прогнозовані ризики природних катастроф. Це дає змогу користувачам своєчасно коригувати маршрути, забезпечуючи їхню безпеку та комфорт.

3. **Підтримка рішень у надзвичайних ситуаціях:** розроблені моделі можуть використовуватись службами цивільного захисту для оперативного реагування на ризики природних катастроф. Це сприяє

підвищенню ефективності заходів щодо мінімізації наслідків для інфраструктури та населення.

4. **Інтеграція в державні та комерційні проекти:** розроблені технології вже впроваджені в:

- Управлінні інвестиційної політики та туризму департаменту регіонального розвитку Чернівецької обласної державної адміністрації для аналізу ризиків природних явищ і планування безпечних маршрутів (акт впровадження від 14 травня 2024 року).

- ГС «РТО «Гостинна Буковина» через створення інформаційної системи для оцінки ризиків у туристичних регіонах (акт впровадження від 2 травня 2024 року).

- Інституті географії Сербської академії наук, що дозволило покращити міждисциплінарні дослідження та підвищити рівень публікаційної активності.

5. **Освітня та інформативна складова:** результати роботи можуть бути використані у навчальних програмах для підготовки фахівців з прогнозування ризиків і управління надзвичайними ситуаціями, а також у мобільних додатках для інформування населення.

Практична цінність роботи підтверджується впровадженням розроблених методів і технологій у діяльність державних установ та бізнес-структур, що підкреслює їхню значущість

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертаційного дослідження

Дисертаційна робота Сидора П.О. є цінним науковим дослідженням, що стосується прогнозування природних катастроф із застосуванням технологій штучного інтелекту. Однак, в ході ознайомлення з роботою можна сформулювати кілька дискусійних положень та зауважень, які потребують додаткового обговорення:

1. Обмеження моделей при використанні реальних даних:

Автор застосовує численні математичні моделі для прогнозування природних катастроф (ANFIS, нейронні мережі, LSTM), однак питання стабільності цих моделей при використанні реальних даних потребує подальших досліджень. Зокрема, важливо оцінити, наскільки адаптивними є ці моделі до змінних умов навколишнього середовища і як вони поведуться при обмеженості чи відсутності даних, що є типово у реальних ситуаціях.

2. Вибір і обробка вихідних даних:

Хоча робота містить детальний аналіз різних видів даних для прогнозування, варто звернути увагу на питання їхньої якості та повноти. Деякі типи природних катастроф можуть бути складними для прогнозування через недоступність необхідних даних або їхню неструктурованість. Це може ставити під сумнів точність моделей, і це

потребує додаткового обґрунтування в контексті практичного застосування.

3. Інтеграція розроблених методів у мобільні додатки та інформаційні платформи:

Пропоновані рекомендації щодо інтеграції технологій прогнозування в мобільні додатки для інформування туристів про ризики природних катастроф є надзвичайно важливими. Однак важливо також дослідити питання, як саме ці системи зможуть працювати в умовах обмеженого доступу до Інтернету або у віддалених районах, де з'єднання з мережею може бути нестабільним.

Ці зауваження не є критичними, а швидше сприяють поглибленню дослідження, покращенню результатів і підвищенню практичної значущості роботи для ширшого кола застосувань. В цілому, робота є вагомим внеском у розвиток методів прогнозування природних катастроф і має високий потенціал для впровадження в реальних умовах.

Загальний висновок

Дисертаційна робота Петра Олеговича Сидора на тему «Методи прогнозування природних катастроф на основі технологій штучного інтелекту» є завершеним науковим дослідженням, що робить значний внесок у розвиток методів прогнозування природних катастроф з використанням сучасних технологій штучного інтелекту та аналізу великих даних. Автор розробив нові математичні моделі та алгоритми для прогнозування лісових пожеж, ураганів та паводків, вдосконалив існуючі методи, що дозволяє підвищити точність і надійність прогнозів. Робота характеризується високим рівнем теоретичної та практичної значущості, її результати можуть бути використані для забезпечення безпеки населення, планування безпечних туристичних маршрутів та оперативного реагування в умовах надзвичайних ситуацій.

Практичне значення отриманих результатів підтверджується їх впровадженням у реальні умови, зокрема в органах державної влади та туристичних організаціях. Розроблені методи прогнозування дозволяють ефективно оцінювати ризики природних катастроф і приймати відповідні заходи для їх мінімізації, що значно покращує готовність до надзвичайних ситуацій і підвищує рівень безпеки.

Дисертація є завершеною науковою працею, яка за її актуальністю, науково-теоретичним рівнем, новизною розв'язання поставлених завдань, практичним значенням отриманих результатів, а також їх апробацією цілком 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.)

Враховуючи значущість наукових результатів і їхнє практичне застосування, дисертація Петра Олеговича Сидора заслуговує на позитивну оцінку та присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення» у галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Рецензент

доктор філософії, доцент,
виконуюча обов'язки завідувача
кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем,
інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук
Чернівецького національного університету
імені Юрія Федьковича

К.П.ГАЗДЮК

6.12.2024р.

Підпис *Газдюк К* засвідчую
Учений секретар Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича
Ситковська Н. Селу
"06" грудня 2024р.

