

## **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу Сидора Петра Олеговича  
**«Методи прогнозування природних катастроф на  
основі технологій штучного інтелекту»**  
подану на здобуття наукового ступеня доктор філософії  
за спеціальністю 121 – інженерія програмного  
забезпечення

### **1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами.**

Актуальність теми дисертаційної роботи Петра Олеговича Сидора визначається гострою необхідністю вдосконалення методів прогнозування природних катастроф у сучасних умовах глобалізації, змін клімату та підвищеної мобільності людства. Підвищення частоти таких явищ, як лісові пожежі, урагани та паводки, створює серйозні загрози для життя людей, екосистем та інфраструктури, особливо у сфері туризму. Розробка нових інформаційних технологій з використанням штучного інтелекту, здатних своєчасно та точно прогнозувати потенційні ризики, є важливим завданням для забезпечення безпеки громадян і зниження соціально-економічних втрат.

Дисертація відповідає науково-дослідницьким програмам кафедри програмного забезпечення комп'ютерних систем Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, реалізованим у межах держбюджетної тематики «Дослідження, моделювання та розробка програмного забезпечення складних динамічних систем» (Державний реєстраційний номер 0121U109232). Розробка інноваційних математичних моделей і методів прогнозування природних катастроф на основі технологій штучного інтелекту, виконана у роботі, тісно пов'язана з цією тематикою та робить значний внесок у розвиток наукового потенціалу університету й академічної спільноти України.

Дослідження також має значний прикладний характер, оскільки результати впроваджено у діяльність організацій та установ, таких як Управління інвестиційної політики та туризму Чернівецької ОДА та ГС «РТО «Гостинна Буковина». Це демонструє вагомий рівень інтеграції роботи у реальні проекти, спрямовані на підвищення рівня безпеки туристів та зменшення негативного впливу природних катастроф на суспільство.

### **2. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

Дисертація Петра Олеговича Сидора демонструє високу якість виконаних досліджень, структуру та логічність викладення матеріалу. Вона складається з чотирьох розділів, які послідовно розкривають тему, охоплюючи огляд літератури, розробку методів прогнозування, моделювання природних катастроф та створення інформаційних технологій для їх передбачення.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дослідження, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет роботи, а також описано методи дослідження. Показано зв'язок роботи з науковими програмами й планами, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.



В Розділі 1 розглянуто сучасні підходи до прогнозування природних катастроф, виявлено основні виклики у застосуванні методів машинного навчання для аналізу великих даних. Проведено аналіз існуючих рішень у сфері лісових пожеж, паводків та ураганів, виділено їхні недоліки та запропоновано напрямки вдосконалення.

В Розділі 2 розроблено та вдосконалено математичні моделі прогнозування на основі сучасних методів штучного інтелекту, включаючи нейромережі, ANFIS та LSTM. Автор показав, як кореляційний аналіз, лаговий аналіз та інші статистичні підходи можуть підвищити точність моделей.

В Розділі 3 представлено результати моделювання на основі реальних даних, що демонструють високу точність розроблених алгоритмів для різних типів природних катастроф. Проведено аналіз точності та чутливості моделей, підтверджуючи їхню ефективність у практичних умовах.

В Розділі 4 Описано архітектуру інформаційної технології, яка інтегрує розроблені моделі для прогнозування природних катастроф. Розглянуто реалізацію у вигляді платформи для безпечного планування туристичних маршрутів із використанням мобільних додатків та веб-сервісів.

У Висновках узагальнено результати роботи, акцентовано на науковій новизні, теоретичному та прикладному значенні отриманих результатів. Сформульовано практичні рекомендації та визначено напрями подальших досліджень.

Список літератури містить 140 найменувань, включаючи сучасні джерела, що відображають стан наукових досліджень у сфері штучного інтелекту, математичного моделювання та прогнозування природних катастроф.

У додатках наведено акти впровадження результатів дослідження, лістинги програмного коду та допоміжні матеріали, що підтверджують практичну реалізацію розроблених методів.

Дисертація є завершеним науковим дослідженням, яке гармонійно поєднує теоретичні положення та практичні результати.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень** у роботі є високою, оскільки кожне із сформульованих положень підкріплено глибоким аналізом літератури, результатами експериментальних досліджень та обчислювальними моделями. Зокрема, використання сучасних методів машинного навчання, таких як ANFIS, нейронні мережі та LSTM, забезпечує актуальність і наукову новизну роботи. Розробка гібридних моделей, адаптованих до особливостей природних явищ, свідчить про оригінальність підходу.

**Висновки дисертації** базуються на комплексному аналізі отриманих результатів, що дозволяє оцінити ефективність розроблених методів прогнозування природних катастроф. Наприклад, висока точність прогнозування лісових пожеж (до 93%) та паводків (до 97%) підтверджується статистично обґрунтованими оцінками, а також порівнянням з альтернативними підходами. Висновки чітко пов'язані з метою дослідження, що підтверджує їх логічність і коректність.

**Рекомендації, наведені у дисертації**, мають як науково-теоретичну, так і прикладну цінність. Вони охоплюють впровадження розроблених алгоритмів і



моделей у практику, зокрема в інформаційні системи для оцінки ризиків природних катастроф. Результати вже використано в діяльності низки установ, що свідчить про прикладну значущість роботи.

**Обґрунтованість наукових положень і висновків** підкріплена:

- використанням реальних даних для моделювання та прогнозування;
- детальним описом застосованих методів, алгоритмів і етапів розробки моделей;
- інтеграцією результатів у практичні інформаційні системи;
- апробацією результатів на конференціях і в рецензованих виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз даних.

Таким чином, дисертація вирізняється науковою глибиною, обґрунтованістю положень і практичною значущістю. Висновки та рекомендації сформульовані чітко, логічно й узгоджуються з поставленими завданнями.

### **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Наукова новизна дисертації Петра Олеговича Сидора підтверджується унікальністю підходів, застосованих для вирішення задач прогнозування природних катастроф. Робота демонструє використання сучасних технологій штучного інтелекту та машинного навчання, які адаптовані до специфіки складних природних явищ. Автор надає вагомий внесок у розвиток математичного моделювання кризових ситуацій та впровадження результатів у практику.

#### **Основні елементи наукової новизни**

##### **1. Розробка нових методів прогнозування природних катастроф:**

- Вперше створено моделі прогнозування лісових пожеж, паводків і ураганів із використанням LSTM-мереж та ANFIS-систем, які інтегрують різномірні дані (погодні умови, ландшафтні характеристики, кліматичні показники).
- Розроблено ансамблеві методи, що покращують точність прогнозування та враховують довготривалі зв'язки між факторами ризику.

##### **2. Вдосконалення існуючих методів:**

- Вдосконалено математичні моделі прогнозування на основі нейронних мереж та кореляційного аналізу для врахування затримок між факторами ризику (наприклад, між сонячною активністю та лісовими пожежами).
- Оптимізовано алгоритми аналізу часових рядів за допомогою сплайн-інтерполяції та R/S-аналізу, що дозволило досягти точності прогнозів до 97%.

##### **3. Інтеграція прогнозних моделей у сучасні інформаційні технології:**

- Розроблено архітектуру платформи для прогнозування природних катастроф, що включає мобільні додатки та веб-сервіси для інформування користувачів у реальному часі.



- Впроваджено ML Ops-технології, адаптовані до обмежених обсягів вхідних даних, що дозволило підвищити ефективність роботи інформаційних систем.

#### 4. Створення універсальної UML-моделі для роботи з малими та середніми обсягами даних:

- Інтеграція координаторів у UML-моделі дозволила забезпечити гнучкість і масштабованість розроблених систем.

#### Підтвердження наукової цінності

Наукова новизна підтверджена:

- **публікаціями** у міжнародних рецензованих виданнях (Scopus, Q2), які демонструють високий рівень апробації результатів дослідження;
- **впровадженням** результатів у діяльність державних і наукових установ;
- використанням реальних даних і підтвердженням ефективності моделей шляхом порівняння з іншими підходами.

Дисертація відповідає критеріям наукової роботи, оскільки її результати є новими, значущими для розвитку науки та мають практичну цінність.

#### 4. Достовірність отриманих результатів та висновків

Достовірність отриманих у дисертації результатів та висновків Петра Олеговича Сидора ґрунтується на комплексному використанні сучасних методів дослідження, системному підході до аналізу даних та численних перевірках ефективності розроблених моделей.

Основні аспекти, що підтверджують достовірність роботи:

##### 1. **Методологічна основа.**

У роботі використано перевірені методи машинного навчання (ANFIS, LSTM, нейронні мережі), а також сучасні статистичні інструменти (кореляційний, лаговий аналіз, R/S-аналіз). Це забезпечує надійність обробки даних та точність побудови моделей.

##### 2. **Реальні дані.**

Моделі та алгоритми були протестовані на реальних наборах даних, зібраних із відкритих джерел та спеціалізованих баз, що стосуються природних катастроф (лісових пожеж, паводків, ураганів). Це підтверджує практичну релевантність розробок.

##### 3. **Аналіз точності та чутливості.**

У роботі проведено оцінку точності прогнозів, яка для різних типів явищ досягала 93–97%. Також виконано аналіз чутливості моделей до змін вхідних параметрів, що підтверджує їх стійкість до варіацій даних.

##### 4. **Верифікація моделей.**

Результати моделювання були порівняні з існуючими підходами, що дозволило підтвердити перевагу розроблених алгоритмів за такими показниками, як точність, швидкість обробки та адаптивність.

##### 5. **Апробація та впровадження.**

Результати роботи апробовані на наукових конференціях і опубліковані у фахових виданнях, зокрема індексованих у міжнародних наукометричних базах



(Scopus, Q2). Крім того, впровадження розробок у діяльність державних установ і організацій підтверджується відповідними актами.

#### **6. Програмна реалізація.**

Додатки дисертації містять лістинги програмного забезпечення, яке забезпечує коректну роботу інформаційних систем прогнозування. Це демонструє практичну реалізацію теоретичних напрацювань.

Таким чином, отримані результати та висновки є достовірними, обґрунтованими, підтвердженими сучасними методами та мають високий рівень практичної та теоретичної цінності.

### **5. Практична цінність отриманих результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Практична цінність результатів дисертації Петра Олеговича Сидора полягає у створенні інноваційних інформаційних технологій та математичних моделей, **підвищенні в використанні**

Практична цінність результатів дисертації Петра Олеговича Сидора полягає у створенні інноваційних інформаційних технологій та математичних моделей, які забезпечують ефективне прогнозування природних катастроф. Ці розробки не лише підвищують точність прогнозування, а й створюють основу для реалізації практичних рішень у сфері цивільного захисту, управління ризиками та планування безпечних туристичних маршрутів.

#### **Практична цінність отриманих результатів**

##### **1. Розроблені моделі прогнозування природних катастроф.**

- Розроблені алгоритми прогнозування лісових пожеж, паводків і ураганів із точністю до 97% дозволяють своєчасно ідентифікувати ризики та вживати необхідних запобіжних заходів.
- Інтеграція ансамблевих методів та технологій глибокого навчання забезпечує стійкість моделей до нестабільності даних.

##### **2. Інформаційна технологія для безпечного туризму.**

- Розроблена платформа, яка інтегрує прогнозні моделі, допомагає туристам уникати небезпечних регіонів, що підвищує рівень їхньої безпеки. Вона може бути використана у мобільних додатках і веб-сервісах.

##### **3. Впровадження у практику.**

- Результати дослідження вже впроваджені у діяльність державних установ, таких як Управління інвестиційної політики та туризму Чернівецької ОДА, а також у роботу приватних організацій і наукових закладів.
- Інформаційні системи, побудовані на основі розроблених моделей, успішно застосовуються для аналізу ризиків природних катастроф.

##### **4. Міжнародне співробітництво.**

- Розробки дисертанта використовуються у міжнародних наукових проєктах, зокрема в співпраці з Інститутом географії Сербської академії наук та мистецтв.

#### **Рекомендації щодо подальшого використання**

##### **1. Розширення сфер застосування.**

- Моделі можуть бути адаптовані для прогнозування інших типів природних катастроф, таких як землетруси або зсуви.
- Інтеграція результатів у системи моніторингу екологічних загроз, що використовуються органами цивільного захисту та екологічними організаціями.

##### **2. Розвиток мобільних застосунків.**



- Впровадження інформаційної технології у мобільні додатки для туристів, що працюють в реальному часі. Це може підвищити рівень безпеки мандрівників та популярність таких рішень серед широкого кола користувачів.

### **3. Інтеграція з іншими системами.**

- Розроблені моделі можуть бути інтегровані у державні системи моніторингу надзвичайних ситуацій, сприяючи ефективнішій координації дій відповідних служб.

### **4. Освітній компонент.**

- Результати роботи можуть бути використані в освітніх програмах для підготовки фахівців у сфері інформаційних технологій, екології та управління ризиками.

Таким чином, розробки автора мають значний прикладний потенціал, який можна успішно реалізувати у різних галузях науки, бізнесу та суспільного життя. Результати роботи сприяють підвищенню безпеки населення, зменшенню втрат від природних катастроф і популяризації сучасних технологій у сфері управління ризиками.

## **6. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертація Петра Олеговича Сидора оформлена належним чином, відповідно до встановлених вимог до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

### **Оформлення дисертації**

Дисертація має чітку структуру, яка включає вступ, чотири розділи основної частини, висновки, список використаних джерел і додатки. Така структура забезпечує послідовний виклад матеріалу і дозволяє легко відстежувати логіку дослідження. Текст роботи написаний чіткою науковою мовою, без зайвих ускладнень, що полегшує сприйняття матеріалу. Використано термінологію, прийнятну для галузі штучного інтелекту, інформаційних технологій та моделювання. Дисертація містить 49 рисунків і 48 таблиць, які наочно демонструють результати досліджень, структуру даних та ефективність запропонованих моделей. Графіки, таблиці та діаграми оформлені коректно, їх використання є доцільним і сприяє кращому розумінню змісту роботи. Список джерел налічує 140 найменувань, з яких значна частина – сучасні праці, включені до міжнародних баз даних (Scopus, Web of Science). Це свідчить про актуальність і відповідність дослідження сучасному рівню науки.

### **Дотримання вимог академічної доброчесності**

Дисертація містить результати власних досліджень здобувача, що підтверджується відповідними посиланнями на використані джерела та апробацією матеріалів. У тексті відсутні ознаки плагіату, що відповідає нормам академічної доброчесності. У роботі враховано етичні принципи проведення досліджень, зокрема коректне цитування, відсутність маніпуляцій з даними та використання відкритих джерел інформації.

### **Повнота викладу наукових положень та результатів у публікаціях**



За результатами дисертаційного дослідження автором опубліковано 8 наукових праць, з яких:

- 4 статті у фахових виданнях, зокрема одна – у періодичному виданні, індексованому у Scopus (Q2);
- 1 стаття у збірнику матеріалів міжнародної конференції, яка індексується в Scopus;
- 3 тези доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях.

У публікаціях повністю розкрито основні наукові положення, методологію, результати та практичне значення дослідження. Це підтверджує коректну апробацію роботи та її відповідність міжнародним стандартам наукової діяльності.

Таким чином, дисертація виконана на високому рівні, її оформлення відповідає чинним вимогам, а дотримання академічної доброчесності та повнота викладу наукових результатів в опублікованих працях засвідчують її якість та завершеність.

## **7. Зауваження**

### **Зауваження до змісту роботи**

#### **1. Обмеженість охоплення природних катастроф.**

У роботі зосереджено увагу лише на лісових пожежах, паводках та ураганах. Було б корисно розширити спектр досліджуваних явищ, включивши, наприклад, землетруси або зсуви, що також мають значний вплив на безпеку туристів та інфраструктури.

#### **2. Недостатня увага до порівняння із сучасними підходами.**

Хоча у роботі проведено аналіз ефективності розроблених моделей, більш детальне порівняння з іншими сучасними підходами (наприклад, моделями прогнозування на основі глибокого навчання) дозволило б ще краще оцінити переваги запропонованих рішень.

#### **3. Моделювання в екстремальних умовах.**

Дисертація не приділяє достатньої уваги моделюванню прогнозів у випадках обмеженої кількості або низької якості даних, що може бути актуальним для деяких регіонів чи типів катастроф.

### **Зауваження до оформлення та структури**

#### **4. Стислий огляд літератури.**

Розділ з оглядом літератури є інформативним, але міг би бути більш детальним у частині сучасних досягнень у сфері прогнозування природних катастроф, що стосуються інших географічних регіонів або технічних підходів.

#### **5. Обмежене висвітлення практичного використання результатів.**

Хоча в дисертації описано кілька впроваджень розроблених моделей, було б доцільно більше уваги приділити прикладам практичного використання результатів у різних галузях (екологія, урбаністика, служби порятунку), а також перспективам їхнього розширення.

**6. Недостатнє акцентування на перспективних напрямках досліджень.**



У висновках дисертації недостатньо висвітлено потенційні напрямки подальших досліджень, хоча результати роботи дають підґрунтя для розвитку нових підходів і сфер застосування.

## 8. Висновки.

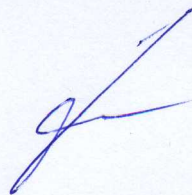
Дисертаційна робота Петра Олеговича Сидора на тему «Методи прогнозування природних катастроф на основі технологій штучного інтелекту» виконана на належному науково-технічному рівні, викладено логічно і послідовно. Стиль написання роботи забезпечує її доступність для широкого кола читачів, включаючи науковців та практиків, що зацікавлені в застосуванні отриманих результатів.

Ця робота є завершеним науковим дослідженням, яке містить нові науково обґрунтовані результати, важливі для розвитку математичних методів моделювання та інформаційних технологій. Розроблені моделі прогнозування природних катастроф із застосуванням передових алгоритмів машинного навчання є актуальними, перспективними та відповідають вимогам 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,  
професор кафедри комп'ютерних наук та  
прикладної математики  
Національного університету водного господарства  
та природокористування,  
м. Рівне

А.Я. Бомба



Handwritten signature of the official reviewer