



І. П. Гамаюн<sup>1</sup>, Г. А. Плехова<sup>2</sup>, М. В. Костікова<sup>3</sup>, Д. О. Плехов<sup>4</sup>, Р. Б. Багмут<sup>5</sup>

<sup>1</sup>НТУ «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна,  
ihor.hamaiun@khp.edu.ua, ORCID iD: 0000-0003-2099-4658

<sup>2</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, plehovaanna1@gmail.com, ORCID iD: 0000-0002-6912-6520

<sup>3</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, kmv\_topaz@ukr.net, ORCID iD: 0000-0001-5197-7389

<sup>4</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, plehov@gmail.com, ORCID iD: 0009-0004-7873-1716

<sup>5</sup>ХНАДУ, м. Харків, Україна, bagmutroman58@gmail.com, ORCID iD: 0009-0003-1255-5097

## СИНТЕЗ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПО НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ. ЧАСТИНА 1

У роботі розглянуто концепцію синтезу комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи для моніторингу, аналізу та підтримки прийняття рішень під час надзвичайних ситуацій. Робота містить огляд класифікацій надзвичайних ситуацій, аналіз існуючих інформаційних систем, а також обґрунтування вибору архітектури майбутньої системи. Метою роботи є синтез комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи, яка дозволяє в реальному часі аналізувати поточну ситуацію, прогнозувати розвиток подій та надавати рекомендації для реагування на надзвичайні ситуації.

НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ, ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, СИНТЕЗ СИСТЕМИ, МОДЕЛЮВАННЯ, РЕАГУВАННЯ, ПІДТРИМКА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

**I. P. Gamayun, G. A. Pliekhova, M. V. Kostikova, D. O. Pliekhov, R. B. Bagmut. Synthesis of computer information and analytical system for emergencies. Part 1.** The paper explores the concept of synthesising a computer information and analytical system for monitoring, analysing, and supporting decision-making during emergencies. The paper includes a review of emergency classifications, an analysis of existing information systems, and a justification for choosing the architecture of the future system. The goal of this work is to develop a computer information and analytical system that enables real-time analysis of the current situation, forecasts the development of events, and provides recommendations for responding to emergencies.

EMERGENCIES, INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM, MACHINE LEARNING, SYSTEM SYNTHESIS, MODELING, RESPONSE, DECISION-MAKING SUPPORT

### Вступ

Актуальність теми обумовлена зростаючою частотою та інтенсивністю надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних із природними катаклізмами, техногенними аваріями, військовими діями. У таких умовах особливо важливою є здатність швидко отримувати достовірну інформацію, аналізувати її та ухвалювати обґрунтовані рішення. Розробка комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи здатної автоматично здійснювати збір, обробку та інтерпретацію даних під час НС є актуальною науковою і практичною задачею [1-3].

Першочергові завдання роботи:

- дослідити класифікацію НС та інформаційні потреби в умовах їх виникнення;
- проаналізувати сучасні ІТ-рішення у сфері НС;
- розробити архітектуру комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи.

### 1. 1. Аналіз предметної області

#### 1.1. Класифікація надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації становлять серйозну загрозу життю, здоров'ю населення, об'єктам інфраструктури та навколишньому середовищу. Вони виникають унаслідок природних явищ, людської діяльності або соціальних конфліктів. Для розробки ефективних систем реагування і підтримки рішень важливо здійснити системну класифікацію НС, яка дозволяє формалізу-

вати характеристики загроз, їхні джерела та сценарії розвитку.

Загальноприйнята класифікація поділяє НС на чотири основні категорії: природні, техногенні, соціальні та воєнні. Природні НС включають геофізичні та метеорологічні події, які відбуваються незалежно від людської діяльності. Це можуть бути повені, землетруси, зсуви, снігові лавини, урагани та інші екстремальні погодні умови. Їхня особливість полягає в складності прогнозування та масштабності наслідків. Техногенні НС, своєю чергою, є наслідком людської діяльності – зокрема аварій на виробництві, пожеж, транспортних катастроф або викидів небезпечних речовин. Саме вони часто мають локальний характер, але можуть переходити у міжрегіональні кризові стани.

Соціальні та воєнні НС об'єднує те, що їх причиною є напруження в суспільстві або прямий конфлікт. До соціальних зараховують масові заворушення, терористичні акти, панічні настрої внаслідок фейкових повідомлень, блокування критичної інфраструктури. Воєнні – це бойові дії, окупація територій, диверсії на об'єктах енергетики або транспорту, а також використання зброї масового ураження. Усі ці категорії можуть мати міждисциплінарний характер, наприклад, поєднання природної катастрофи з техногенною (землетрус – руйнування АЕС) або воєнної з техногенною (пожежа на складі боєприпасів).

Окрім класифікації за джерелом походження, в управлінні НС важливо враховувати масштаб події (місцевий, регіональний, національний, транскордонний), її динаміку, потенційний вплив на критичну інфраструктуру та можливість передбачення. Усі ці

характеристики мають бути відображені в інформаційно-аналітичній системі, яка автоматизує процес оцінки ситуації.

Порівняння основних типів надзвичайних ситуацій за ключовими критеріями надано у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця типів надзвичайних ситуацій

| Критерій                       | Природні НС                          | Техногенні НС                                    | Соціальні НС                                     | Воєнні НС  |
|--------------------------------|--------------------------------------|--|--|--|
| Джерело виникнення             | Природні явища                       | Людська діяльність / техніка                     | Соціальні процеси                                | Збройні сили / воєнні формування                 |
| Передбачуваність               | Низька / Середня                     | Середня  | Висока (деякі раптові)                           | Середня  |
| Приклад                        | Землетрус, повінь, ураган            | Вибух на заводі, аварія на АЕС                   | Терористичний акт, масові заворушення            | Ракетний обстріл, диверсія, наступальна операція |
| Масштаб впливу                 | Регіональний / глобальний            | Місцевий / регіональний                          | Місцевий / державний                             | Державний / глобальний                           |
| Тривалість дії                 | Від годин до тижнів                  | Від хвилин до днів                               | Від годин до місяців                             | Від днів до років                                |
| Об'єкти ураження               | Населення, природа, інфраструктура   | Виробництво, транспорт, енергетика               | Людські маси, органи влади, інформаційні системи | Військові та цивільні об'єкти, інфраструктура    |
| Наявність комбінованих ефектів | Часто                                | Часто  | Іноді  | Часто  |
| Приклад ІАС-рішень             | Прогнозування катаклізмів, евакуація | Моніторинг виробництв, автоматизоване блокування | Аналіз соцмереж, виявлення паніки                | Системи ППО, військово картографування           |

## 1.2. Інформаційні потреби при надзвичайних ситуаціях

Ефективне реагування на надзвичайні ситуації безпосередньо залежить від наявності точної, актуальної та релевантної інформації. У сучасному динамічному середовищі, де масштаби загроз можуть змінюватися в режимі реального часу, інформація набуває стратегічного значення. Вона є основою для формування ситуаційної обізнаності, яка включає розуміння таких критично важливих аспектів: що саме відбувається, де це відбувається, які можливі наслідки, який масштаб ураження та які ресурси можуть бути залучені для реагування.

Одним з ключових завдань під час НС є забезпечення ситуаційної обізнаності – багатовимірного розуміння оперативної обстановки. Це охоплює такі компоненти:

- локалізація джерела загрози (геопросторові координати);
- оцінка динаміки події (темپ поширення, інтенсивність);
- визначення зон потенційного ураження;
- аналіз інфраструктурної доступності (дороги, мости, комунікації);
- характеристика постраждалого населення (вік, стан здоров'я, мобільність).

Для досягнення цього використовуються широкі інформаційні джерела:

- супутникові знімки високої роздільності для виявлення масштабу змін у ландшафті;

- дані сенсорних мереж (IoT), зокрема детектори диму, сейсмодатчики, метеорологічні станції;
- системи раннього попередження (автоматичні й ручні);
- контент зі ЗМІ та соціальних мереж (моніторинг подій, фото- та відеофіксація);
- звіти очевидців – інструмент для верифікації й деталізації подій.

Сучасні системи підтримки прийняття рішень повинні бути здатні об'єднувати ці розрізнені джерела в уніфіковану аналітичну модель ситуації. Наприклад, дані про геолокацію можуть бути використані для автоматизованого визначення потенційних зон евакуації, обхідних шляхів, місць для розгортання польових госпіталів чи укриттів. Інформація про погодні умови та стан інфраструктури дозволяє оцінити ризики для рятувальних підрозділів.

Іншою важливою складовою є аналіз вразливості населення. Система має враховувати:

- наявність осіб з інвалідністю;
- літніх людей та дітей;
- мовні бар'єри (у випадку наявності іноземців або нацменшин);
- психоемоційний стан та поведінкові особливості громадян.

У цьому контексті критично важливо забезпечити ефективну комунікацію – через інтегровані модулі зв'язку система поширює сповіщення, рекомендації щодо дій, надає навігацію до безпечних зон, а також забезпечує зворотній зв'язок з користувачами (наприклад, через мобільні додатки або SMS-інформування).

Система інформаційної підтримки повинна виконувати чотири ключові функції:

1. Моніторинг – безперервне спостереження за подіями у просторі та часі.
2. Аналітика – обробка інформації для виявлення закономірностей та відхилень.
3. Прогнозування – побудова ймовірнісних сценаріїв розвитку подій.
4. Інтеграція – синхронізація з державними, регіональними й міжнародними базами даних, GIS-системами, сервісами телеметрії та базами медичних установ.

Таким чином, інформаційна система при надзвичайних ситуаціях є не просто технічним інструментом, а центральною платформою прийняття рішень, що базується на багатовимірному аналізі ситуації, людському факторі та реальних можливостях інфраструктури реагування.

### 1.3. Аналіз існуючих систем

У сфері реагування на надзвичайні ситуації функціонує низка критично важливих глобальних, регіональних та національних інформаційних систем, покликаних підтримувати прийняття рішень та візуалізувати ситуаційну обстановку. Серед них варто відзначити:

Європейську службу Copernicus EMS (Emergency Management Service): Надає безплатні швидкі та детальні карти супутникового моніторингу для подій природного або техногенного характеру. Забезпечує оперативний аналіз масштабів руйнувань та постраждалих територій.

Платформу ESRI Disaster Response: Побудована на основі ArcGIS, широко використовується глобально. Забезпечує створення інтерактивних карт, аналітичних панелей (dashboards) та статистичних оглядів. Сильна сторона – інтеграція з різними джерелами даних, проте часто вимагає значних ліцензійних витрат та глибокої експертизи ArcGIS.

Систему GDACS (Global Disaster Alert and Coordination System): Надає автоматизовані попередження та оцінки наслідків великих катастроф по всьому світу, сприяючи міжнародній координації допомоги.

В Україні функціонує низка державних платформ, серед яких системи ДСНС (Державна служба надзвичайних ситуацій) та інтегровані платформи територіальних громад. Вони забезпечують базовий облік сил і засобів цивільного захисту, відстеження інцидентів та підготовку звітності. Проте аналіз виявляє суттєві обмеження:

1. Низький рівень автоматизації: Значна частина процесів (збір даних, звітність) залишається ручною, що уповільнює реагування та збільшує ризик помилок.
2. Обмежена аналітика в реальному часі: Системи не забезпечують глибокого аналізу великих масивів даних для миттєвої оцінки динаміки ситуації чи прогнозування розвитку подій.
3. Відсутність інтеграції: Критичною проблемою є силос даних та відсутність інтеграції з ключовими від-

критими джерелами: API супутникових моніторингів (Copernicus, NASA FIRMS), метеорологічних сервісів (наприклад, Open-Meteo), даних соціальних медіа (для виявлення сигналів про НС), а також з датчиками IoT. Це унеможливує формування єдиної цілісної ситуаційної картини (Common Operational Picture – COP).

4. Неадаптивність: Багато систем є жорстко фіксованими («монолітними») і не підтримують швидку адаптацію чи перепрофілювання під нові, непередбачені сценарії НС.

5. Обмежене використання ШІ/ML: Аналітика ґрунтується переважно на традиційних алгоритмах або ручній обробці. Потенціал ШІ для прогнозування, автоматичної класифікації звітів, аналізу зображень/відео з місця події або обробки неструктурованого тексту з соцмереж використовується мінімально.

6. Залежність від власницьких технологій: Використання закритих платформ ускладнює масштабування, кастомізацію та інтеграцію.

7. Інформаційне перевантаження та якість даних – системи не завжди ефективно фільтрують та валідують вхідні дані, що може призводити до «шуму» та ускладнювати прийняття рішень.

Ці обмеження обумовлюють нагальну потребу в розробці нової покоління комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи (КІАС) для НС в Україні. Така система повинна бути:

Адаптивною та гнучкою: Модульна архітектура для швидкого налаштування під будь-які сценарії НС та конкретні регіональні/галузеві потреби.

Інтегрованою: Побудована на відкритих стандартах та API, здатна легко агрегувати дані з різноманітних джерел: державних реєстрів, супутників, метеоданих, датчиків IoT, соціальних медіа, мобільних додатків населення та оперативних платформ (наприклад, ЦПР/ЦЗР).

Інтелектуальною: Максимально використовувати ШІ/ML для:

- а) Автоматизації рутинних завдань (збір, валідація, класифікація даних).
- б) Аналізу великих даних (включаючи неструктуровані – текст, фото, відео) в реальному часі.
- в) Прогнозування розвитку ситуації, оцінки ризиків та наслідків.
- г) Генерації рекомендацій для прийняття рішень.

Візуально ефективною: Надавати інтуїтивні інструменти для побудови комплексних ситуаційних картин (COP), інтерактивних карт, аналітичних панелей з можливістю глибокого «занурення» в дані (drill-down).

Масштабованою та доступною: Працювати на різних рівнях (від громади до національного), мати веб-інтерфейс та мобільні додатки для роботи в полі. Інтерфейси повинні бути інтуїтивними для користувачів з різним рівнем технічної підготовки.

Захищеною: Забезпечувати високий рівень кібербезпеки та відповідати вимогам захисту персональних даних (табл. 2 – 3).

Таблиця 2

Порівняльний аналіз ключових систем для управління НС

| Характеристика                       | Copernicus EMS                           | ESRI Disaster Response  | Типові Українські Системи (ДНС, громади)             | Ідеальна Нова КІАС (Потрібна)  |
|--------------------------------------|--|---|--|--|
| Основна функція                      | Супутниковий моніторинг, карти руйнувань | ГІС-платформа, інтерактивні карти, дашборди                   | Облік сил/засобів, відстеження інцидентів, звітність | Уніфікована платформа ситуаційної обізнаності, аналітики та управління   |
| Географія охоплення                  | Глобальна (фокус на активації по запиту) | Глобальна (ліцензійна)  | Національна / Регіональна / Локальна                 | Національна (з масштабуванням на регіон/громаду)   |
| Тип даних                            | Супутникові знімки, геопросторові дані   | ГІС-дані, оперативні дані, статистика                         | Структуровані оперативні дані, звіти                 | Всі типи: геопросторові, сенсорні (IoT), оперативні, соцмедіа, метео, супутникові, неструктуровані (текст, фото) |
| Інтеграційні можливості (API)        | Обмежені публічні API                    | Потужні API (вимагають експертизи ArcGIS)                     | Обмежені / Відсутні                                  | Відкриті API (REST, GraphQL) для всіх компонентів, стандарти (OGC, SensorThings)                                 |
| Автоматизація / ШІ/ML                | Автоматизована обробка знімків           | Базова аналітика, інструменти для ШІ (вимагають налаштування) | Мінімальна   | Висока: Автоматичний збір/валідація, прогнозування, аналіз зображень/тексту, генерація рекомендацій              |
| Адаптивність                         | Спеціалізована служба                    | Конфігурована платформа (але потребує часу/експерта)          | Жорстка, важко змінюється                            | Модульна, гнучка: Швидке додавання сценаріїв, джерел даних, аналітичних моделей                                  |
| Оперативність оновлення              | Висока (після активації)                 | Залежить від налаштувань та даних                             | Низька / Середня (частіше ручне оновлення)           | Висока (реальний час / near real-time)   |
| Доступність / Юзабіліті              | Веб-доступ до карт                       | Потужний, але складний інтерфейс (для ГІС-фахівців)           | Спеціалізовані інтерфейси (різний рівень зручності)  | Інтуїтивні веб- та мобільні інтерфейси для всіх рівнів користувачів  |
| Вартість (для кінцевого користувача) | Безкоштовна (для активацій)              | Висока (ліцензії, ПЗ, експертиза)                             | Розробка/підтримка за бюджетом                       | Комбінація: бюджетна розробка/підтримка, можливі хмарні сервіси  |

Таблиця 3

Ключові вимоги до нової КІАС нового покоління

| Вимога                            | Опис  | Приклад / значення   |
|-----------------------------------|---|--|
| Відкритість та інтеграція         | Побудова на відкритих стандартах, API для легкої інтеграції будь-яких джерел даних та систем.   | Використання OGC стандартів (WMS, WFS), SensorThings API, REST/GraphQL API.  |
| Модульність та адаптивність       | Гнучка архітектура, що дозволяє швидко додавати нові модулі, сценарії НС, джерела даних, аналітичні моделі без перебудови ядра системи. | Можливість додати модуль моніторингу повоєної чи лісових пожеж за тиждень.   |
| Розширена аналітика на базі ШІ/ML | Використання машинного навчання та штучного інтелекту для автоматизації, прогнозування, аналізу складних даних, генерації інсайтів.     | Прогноз поширення диму пожежі, автоматична класифікація звернень з соцмереж, аналіз супутникових знімків на предмет руйнувань. |
| Ситуаційна обізнаність (COP)      | Формування єдиної, цілісної та актуальної в реальному часі карти події з усіма доступними даними для всіх рівнів прийняття рішень.      | Інтерактивна карта з накладанням: зон ураження, сил реагування, метеоданих, потоків населення.                                 |
| Масштабованість                   | Здатність обробляти зростаючі обсяги даних та обслуговувати зростаючу кількість користувачів без втрати продуктивності.                 | Робота під час великомасштабної катастрофи (наприклад, землетрус, велика пожежа).  |
| Користувачий досвід (UX/UI)       | Інтуїтивні, зрозумілі інтерфейси (веб, мобільні) для користувачів з різним досвідом (від рятувальника до керівника).                    | Простий мобільний додаток для фіксації інциденту на місці з фото/координатами.   |
| Кібербезпека та захист даних      | Вбудовані механізми захисту від кібератак, забезпечення цілісності та конфіденційності даних, відповідність законодавству.              | Шифрування даних, контроль доступу на основі ролей (RBAC), аудит дій.  |
| Підтримка рішень                  | Надання не тільки даних, але й аналітичних висновків, моделювання наслідків, рекомендацій для оптимізації ресурсів.                     | Рекомендації щодо оптимального розгортання сил на основі прогнозу розвитку пожежі.   |

Таким чином, результати аналізу підтверджують критичну потребу в оновленій комп'ютерній інформаційно-аналітичній системі нового покоління. Така система має стати уніфікованим цифровим середовищем, здатним об'єднувати просторові, часові, сенсорні, соціальні та оперативні дані у єдиний інформаційний потік. Це дозволить забезпечити якісно новий рівень ситуаційної обізнаності, швидкості та ефективності реагування на НС в Україні, а також може стати цінним досвідом для інших країн (табл. 4).

Таблиця 4

## Комп'ютерна інформаційна аналітична система

| Скорочення | Повна назва  | Пояснення  |
|------------|--------------|--|
| К          | Комп'ютерна  | Базується на сучасних ІТ-технологіях (хмара, ШІ, Big Data)               |
| І          | Інформаційна | Збирає, зберігає та управляє даними з різних джерел                      |
| А          | Аналітична   | Забезпечує глибоку обробку даних (аналітика, прогнозування, моделювання) |
| С          | Система      | Цілісний програмно-апаратний комплекс з чіткою архітектурою              |

Ключові функції такої системи:

1. Агрегація даних: Об'єднання інформації з супутників, сенсорів, соцмереж, держреєстрів тощо.

2. Аналітика в реальному часі: Використання ШІ для прогнозування ризиків, оцінки наслідків, класифікації інцидентів.

3. Візуалізація: Створення інтерактивних карт, аналітичних панелей (dashboards), ситуаційних звітів.

4. Підтримка прийняття рішень: Генерація рекомендацій щодо розгортання ресурсів, евакуації, координації служб.

КІАС нового покоління усуває обмеження існуючих систем (низька автоматизація, відсутність інтеграції з API), реалізує модульність, відкриті стандарти та AI-аналітику для НС.

## 2. Синтез комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи

У сучасному світі надзвичайні ситуації, такі як природні катастрофи, техногенні аварії чи соціальні кризи, можуть виникати несподівано та потребують швидкого реагування. Ефективне управління цими подіями відіграє ключову роль у зменшенні збитків та порятунку людських життів. Сьогодні технології стають незамінним інструментом для підвищення можливостей екстрених служб, дозволяючи оперативно обробляти інформацію та координувати дії в умовах криз. Цей розділ присвячена новій комп'ютерній інформаційно-аналітичній системі, яка була розроблена спеціально для потреб управління надзвичайними ситуаціями.

Зростаюча складність і частота надзвичайних ситуацій вимагають сучасних рішень для збору даних, їх аналізу та прийняття обґрунтованих рішень у ре-

альному часі. Традиційні підходи часто виявляються недостатньо ефективними через затримки в обробці інформації та відсутність належної координації. КІАС долає ці обмеження завдяки інтеграції передових технологій, таких як штучний інтелект, аналітика великих даних і системи зв'язку в реальному часі. У цьому розділі ми розглянемо основні принципи функціонування КІАС, її архітектуру та компоненти, а також те, як система сприяє кращій взаємодії між командами екстреного реагування. Окрім цього, ми проаналізуємо, як впровадження КІАС може скоротити час реагування та підвищити загальну ефективність управління кризовими ситуаціями.

### 2.1. Архітектура системи

КІАС побудована за мікросервісним підходом, що забезпечує високу гнучкість, масштабованість та легкість у розгортанні та оновленні окремих компонентів. Система складається з п'яти основних компонентів:

- сервіс збору та агрегації даних;
- сховище даних (PostgreSQL + PostGIS);
- аналітичний модуль;
- модуль машинного навчання;
- візуалізаційний інтерфейс.

Ці компоненти взаємодіють між собою та із зовнішніми джерелами даних і користувачами, як показано на рис. 1.

Сервіс збору та агрегації даних відповідає за отримання інформації з різних зовнішніх джерел, таких як сенсори, бази даних екстрених служб, соціальні мережі тощо. Він забезпечує первинну обробку та агрегацію даних, після чого зберігає їх у сховищі даних для подальшого використання іншими компонентами системи.

Сховище даних (PostgreSQL + PostGIS). Сховище даних є центральним компонентом системи, де зберігаються всі зібрані дані, аналітичні результати та прогнози. Використання PostgreSQL з розширенням PostGIS дозволяє ефективно працювати з геопросторовими даними, що є критично важливим для управління надзвичайними ситуаціями, пов'язаними з територіальними аспектами.

Аналітичний модуль. Аналітичний модуль читає дані зі сховища, виконує різноманітні аналітичні операції, такі як статистичний аналіз, виявлення аномалій, кластеризація тощо. Результати аналізу записуються назад у сховище даних і можуть бути використані для підтримки прийняття рішень або подальшого аналізу.

Модуль машинного навчання. Модуль машинного навчання використовує дані зі сховища для навчання моделей, які можуть прогнозувати розвиток надзвичайних ситуацій, оцінювати ризики або пропонувати оптимальні стратегії реагування. Прогнози та рекомендації, згенеровані цим модулем, також зберігаються у сховищі даних.

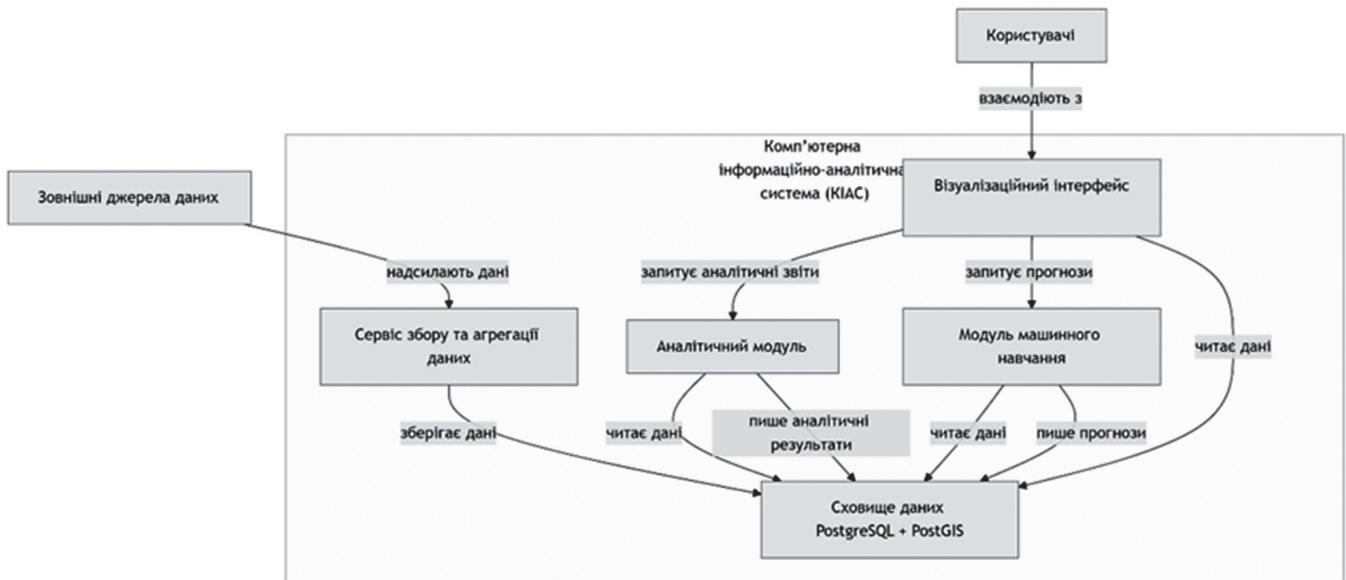


Рис. 1. Схема КІАС

Візуалізаційний інтерфейс. Візуалізаційний інтерфейс є точкою взаємодії користувачів з системою. Він дозволяє переглядати зібрані дані, аналітичні звіти та прогнози у зручному графічному вигляді. Користувачі можуть запитувати специфічну інформацію, налаштувати параметри візуалізації та отримувати оперативні звіти для підтримки прийняття рішень.

## 2.2. Переваги мікросервісної архітектури

Використання мікросервісної архітектури в КІАС надає низку переваг.

**Масштабованість:** Кожен компонент може бути масштабований незалежно від інших, що дозволяє системі ефективно обробляти великі обсяги даних та навантаження.

**Гнучкість:** Розробка та оновлення окремих мікросервісів можуть відбуватися незалежно, що спрощує впровадження нових функцій та технологій.

**Легкість у розгортанні та оновленні:** Мікросервіси можуть бути розгорнуті та оновлені окремо, що зменшує ризики та час простою системи.

КІАС є інноваційною системою, яка забезпечує комплексний підхід до управління надзвичайними ситуаціями. Завдяки мікросервісній архітектурі та інтеграції передових технологій, система дозволяє оперативно обробляти великі обсяги даних, забезпечує аналітичну підтримку та прогнозування, що сприяє швидкому та ефективному реагуванню на кризові ситуації. Впровадження КІАС може стати проривом у сфері управління надзвичайними ситуаціями, надаючи надійну основу для прийняття обґрунтованих рішень у реальному часі.

## 2.3. Джерела даних

Комплексна інформаційно-аналітична система для надзвичайних ситуацій повинна функціонувати в умовах нестабільного середовища, оперативної невизначеності та необхідності швидкого прийняття

рішень. У цьому контексті якість, точність, своєчасність і достовірність даних, які надходять до системи, мають критично важливе значення. Сучасні КІАС орієнтовані на мультиджерельну модель збору даних, яка охоплює як автоматизовані, так і людські канали. У цьому підрозділі розглянуто основні типи джерел, що інтегруються в архітектуру КІАС.

Відкриті API від державних та міжнародних організацій.

Одним із ключових джерел даних для КІАС є відкриті прикладні програмні інтерфейси (API), які надаються державними органами, міжнародними агентствами та науково-дослідними структурами. Прикладами є:

ДСНС України – через API доступні дані про оперативні зведення, статистику пожеж, затоплень, техногенних аварій, зони ураження тощо.

OpenWeather API – глобальна платформа погодного моніторингу. Дані з OpenWeather надають інформацію про температуру, вологість, опади, напрямок вітру, які є критичними для прогнозування розвитку пожеж, повеней або інших стихійних явищ.

NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System) – надає оперативну інформацію про термічні аномалії (гарячі точки), які вказують на можливі пожежі. Система використовує супутники Terra та Aqua з інфрачервоними сенсорами MODIS/VIIRS.

Інтеграція з цими API дозволяє КІАС автоматично оновлювати ситуаційні карти та аналітичні панелі в режимі майже реального часу, покращуючи реакцію служб на події.

### ДСНС

Типи даних:

- надходження екстрених викликів (112);
- стан критичної інфраструктури;
- зони надзвичайних ситуацій.

Технічні параметри:

- формат: REST/JSON;
- ліміт: 100 запитів/хвилину;
- аутентифікація: OAuth 2.0.

Приклад запиту:

```
import requests
response = requests.get ("https://api.dsns.gov.ua/emergencies?region=kyiv&type=fire",
headers={"Authorization": "Bearer <TOKEN>"})
```

OpenWeather Map

Постачає:

– температура/вологість/тиск (оновлення кожні 10 хвилин);

- прогноз погоди на 5 діб;
- всторичні метеодані.

Інтеграція:

```
INSERT INTO weather_data SELECT time, temperature FROM openweather WHERE geo_id = 703448;
```

NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System)

Ключові функції:

- виявлення термічних аномалій (пожежі);
- активні вогнища з MODIS/VIIRS супутників;
- просторова роздільна здатність: 375 м/піксель.

Супутникові знімки. Супутникові знімки є важливим джерелом даних для КІАС, особливо для моніторингу великих територій та виявлення змін у навколишньому середовищі. Вони застосовуються для аналізу пожеж, повеней, землетрусів, зсувів ґрунту та інших природних катастроф. У системі використовуються дані з таких супутників, як Landsat, Sentinel та комерційні платформи. Програма Landsat, що управляється NASA та USGS, забезпечує безкоштовні знімки Землі з 1972 року. Ці дані використовуються для моніторингу змін у землекористуванні, виявлення пожеж та оцінки збитків від стихійних лих. Їх доступність робить Landsat важливим інструментом для КІАС. Sentinel Місія Sentinel, що входить до програми Copernicus Європейського космічного агентства, надає дані з радарних та оптичних сенсорів. Вони особливо корисні для моніторингу повеней, зсувів ґрунту та інших геологічних подій, забезпечуючи високу точність і регулярність оновлень. Комерційні супутники Компанії, такі як Planet Labs і Maxar Technologies, надають знімки високої роздільної здатності, які дозволяють проводити детальний аналіз конкретних територій. Хоча ці дані є платними, їх висока точність і частота оновлення роблять їх цінними для оперативного реагування. Супутникові знімки забезпечують об'єктивну картину ситуації на великих територіях, але їх обробка вимагає значних обчислювальних ресурсів і спеціалізованих алгоритмів, що може ускладнювати інтеграцію в КІАС.

Джерела та параметри надані у табл. 5.

Таблиця 5

## Супутникові знімки

| Супутник    | Роздільна здатність | Частота оновлення | Типи даних                 |
|-------------|---------------------|-------------------|----------------------------|
| Sentinel-2  | 10 м                | 5 діб             | RGB/NIR спектри            |
| Landsat 8   | 30 м                | 16 діб            | Термальні знімки           |
| PlanetScope | 3 м                 | Щоденно           | Високодетаельні зображення |

Обробка у КІАС:

Завантаження через STAC API:

```
curl "https://earth-search.aws.element84.com/collections/sentinel-s2-l2a/items"
```

Аналіз індексів (*NDVI*, *NDWI*):

1. Індекс *NDVI* (Normalized Difference Vegetation Index)

Формула:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red},$$

де *NIR* (Near Infrared) – канал ближнього інфрачервоного діапазону (зазвичай ~800 нм); *Red* – канал червоного спектру (~660 нм).

Інтерпретація значень *NDVI* надана у табл. 6.

Таблиця 6

Інтерпретація значень індексу *NDVI*

| <i>NDVI</i> | Значення                   |
|-------------|----------------------------|
| < 0         | Вода, хмари, сніг          |
| 0 – 0.1     | Пустелі, каміння, міста    |
| 0.1 – 0.3   | Кущі, трав'янисті покрови  |
| 0.3 – 0.6   | Помірна рослинність        |
| 0.6 – 1.0   | Густа, здорова рослинність |

Використання:

Моніторинг здоров'я рослин.

Виявлення вирубок лісу.

Аналіз урбанізації.

Сільське господарство (оцінка врожайності).

2. Індекс *NDWI* (Normalized Difference Water Index)

Формула (за McFeeters, 1996):

$$NDWI = \frac{Green - NIR}{Green + NIR},$$

де *Green* – зелений канал (близько 560 нм); *NIR* – ближній інфрачервоний.

Інтерпретація значень *NDWI* надана у табл. 7.

Таблиця 7

Інтерпретація значень індексу *NDWI*

| <i>NDWI</i> | Значення                                       |
|-------------|--|
| > 0         | Водні тіла (висока ймовірність наявності води) |
| < 0         | Рослинність, ґрунт, будівлі                    |

Використання:

- Виявлення водойм (річки, озера, болота).
- Визначення змін у рівні води.
- Повінь і моніторинг зрошення.

Детектування змін методом Change Detection (алгоритм MAD). Одним із ключових завдань у сфері моніторингу надзвичайних ситуацій є своєчасне виявлення змін на місцевості. Це стосується як природних катастроф (пожеж, повеней, зсувів), так і техногенних або воєнних подій (обстріли, вибухи, руйнування інфраструктури). Для цього широко застосовується методологія Change Detection (виявлення змін), серед якої важливе місце займає алгоритм MAD (Multivariate Alteration Detection).

Алгоритм MAD належить до статистичних методів багатовимірного аналізу, які дозволяють виявити відмінності між двома багатоканальними (наприклад, супутниковими) зображеннями однієї території, зробленими у різний час. Його основна ідея полягає в пошуку лінійних комбінацій спектральних каналів зображень, які максимізують відмінності між ними.

MAD-аналіз використовує канонічний кореляційний аналіз (ССА) для трансформації вхідних даних так, щоб звести кореляції між каналами обох зображень до мінімуму, а потім – виявити значущі зміни у спектральних характеристиках пікселів.

Ключові етапи алгоритму MAD.

1. Вхідні дані: два багатоканальні супутникові зображення одного району, отримані у різні моменти часу ( $T_1$  і  $T_2$ ), попередньо вирівняні за геометрією.

2. Стандартизація: нормалізація каналів з урахуванням середніх значень і дисперсій для зменшення впливу освітлення, пори року тощо.

3. Канонічна кореляція: побудова пар канонічних векторів для обох наборів даних, що мінімізують кореляцію між каналами зображень  $T_1$  і  $T_2$ .

4. Обчислення MAD-компонентів: вираховується різниця між парними канонічними проєкціями. Ці різниці формують так звані MAD-компоненти, які мають гаусівський розподіл з математичним сподіванням, близьким до нуля для незмінних пікселів.

5. Визначення змін: для кожного пікселя обчислюється  $\chi^2$ -статистика на основі MAD-компонентів. Високе значення  $\chi^2$  свідчить про наявність змін.

6. Порогова класифікація: застосування порогу (наприклад,  $p < 0.05$ ) для формування бінарної карти змін (зміни / без змін).

Переваги MAD-аналізу:

– Незалежність від типу сенсора: алгоритм працює з будь-якими багатоспектральними даними (Landsat, Sentinel-2, WorldView тощо).

– Висока чутливість до навіть слабких змін (пожовтіння трави, ущільнення забудови).

– Автоматизована статистична оцінка змін (використання  $\chi^2$ ).

– Сумісність із GIS/RS-середовищем: інтегрується з інструментами QGIS, ArcGIS, Google Earth Engine.

Використання MAD в КІАС. Алгоритм MAD є важливим компонентом модулів обробки супутникових

знімків у сучасних КІАС. Наприклад, система може:

– регулярно порівнювати зображення регіону до і після події;

– автоматично генерувати карти змін (Change Maps);

– обчислювати індекс пошкодження для інфраструктури або природних об'єктів;

– інтегрувати результати з іншими модулями (аналітичними панелями, сценаріями реагування).

MAD також поєднується з методами машинного навчання (класифікатори на основі MAD-компонентів) для автоматизації виявлення типу змін (будівельні роботи, згорілі площі, водонаповнення тощо).

Алгоритм MAD є універсальним, математично обґрунтованим методом багатовимірного аналізу, який дозволяє підвищити точність і об'єктивність виявлення змін у геопросторових даних. Його використання в рамках КІАС підвищує ситуаційну обізнаність, дозволяє реагувати оперативніше та зменшити ризики для населення і ресурсів.

Сенсори Інтернет речей (IoT-сенсори) відіграють важливу роль у зборі даних у реальному часі, надаючи КІАС інформацію з сенсорів, розгорнутих у різних локаціях. Ці пристрої вимірюють такі параметри, як температура, вологість, рівень забруднення та сейсмічна активність, що дозволяє моніторити критичні інфраструктури та природні екосистеми. Метеорологічні сенсори вимірюють погодні умови на локальному рівні, забезпечуючи більш точні дані для конкретних територій порівняно із загальними прогнозами. Вони є важливими для прогнозування локальних погодних аномалій. Сенсори якості повітря використовуються для моніторингу рівня забруднення, що допомагає виявляти техногенні аварії чи пожежі. Дані з цих сенсорів доповнюють інформацію з інших джерел, підвищуючи точність аналізу. Сейсмічні сенсори – пристрої, які дозволяють виявляти землетруси та інші геологічні події в реальному часі, що є критично важливим для раннього попередження та реагування на природні катастрофи. Дані з IoT-сенсорів надходять у систему в реальному часі, що забезпечує оперативність реагування. Однак розгортання та підтримка мережі сенсорів є дорогими, а також вимагають високого рівня безпеки та надійності передачі даних.

IoT-сенсорні мережі. Архітектура збору даних (табл. 8):

[Сенсори] → [Шлюз LoRaWAN] → [MQTT Broker] → [Сервіс обробки КІАС]

Таблиця 8

Типи сенсорів та параметри

| Тип сенсора   | Параметри   | Частота | Точність |
|---------------|---|---------|----------|
| Повітря (AQI) | PM2.5, NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> | 5 хв    | ±5%      |
| Грунтові      | Вологість, рН, температура                                | 15 хв   | ±0.5°C   |
| Гідрологічні  | Рівень води, забруднення                                  | 10 хв   | ±2 см    |

Протоколи передачі:

- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)
- CoAP (Constrained Application Protocol)
- Пакетна передача через NB-IoT

Краудсорсинг через мобільні застосунки є інноваційним джерелом даних, що залучає громадськість до збору інформації про надзвичайні ситуації. Користувачі можуть надавати звіти, фотографії, відео чи текстові описи подій, що доповнюють офіційні дані. Мобільні застосунки використовуються для звітів користувачі, які можуть повідомляти про пожежі, повені чи аварії, надаючи інформацію з перших рук. Це дозволяє КІАС швидко реагувати на інциденти, які ще не зафіксовані офіційними джерелами. Аналіз даних із соціальних мереж (Twitter, Facebook, Instagram) допомагає виявляти тренди та повідомлення про надзвичайні ситуації. Цей підхід дозволяє отримувати інформацію в реальному

часі від великої кількості людей. Громадські ініціативи – проекти, такі як OpenStreetMap, дозволяють волонтерам оновлювати карти та додавати дані про інфраструктуру, що є корисним для планування евакуації чи розподілу ресурсів. Краудсорсинг забезпечує великий обсяг даних, але їхня надійність може бути нижчою, що вимагає додаткової перевірки та фільтрації.

Мобільні застосунки як джерело даних:

Функціонал:

- Фото/відеофіксація подій.
- Геотеговані повідомлення.
- Анкетування в реальному часі.

Переваги:

- Швидке охоплення території.
- Верифікація супутникових даних.

Приклад архітектури наданий на рис. 2.



Рис. 2. Приклад архітектури

Механізми якості даних:

1. Перехресна перевірка з IoT/супутниками.
2. Репутаційна система користувачів.
3. Модерація з використанням CNN (згорткові неймережі)

Інтеграція та обробка даних Ефективне використання різноманітних джерел даних у КІАС потребує їх інтеграції та обробки. Основні етапи включають:

Нормалізація даних: Перетворення інформації з різних джерел у єдиний формат для аналізу. Фільтрація та валідація: Перевірка даних на точність і надійність, особливо для краудсорсингових джерел. Агрегація: Об'єднання даних для створення повної картини ситуації. Геопросторова інтеграція: Використання геоданих для візуалізації подій на карті.

Для обробки даних система використовує сучасні технології, такі як бази даних із підтримкою геопросторових запитів (наприклад, PostgreSQL із PostGIS).

Забезпечення якості даних надано у табл. 9.

Таблиця 9

**Метрики якості**

| Параметр            | API   | Супутники | IoT   | Краудсорсинг |
|---------------------|-------|-----------|-------|--------------|
| Частота оновлення   | ★★★★☆ | ★★★☆☆     | ★★★★★ | ★★★★☆        |
| Просторова точність | ★★★☆☆ | ★★★★★     | ★★★★☆ | ★★★☆☆        |
| Валідність          | ★★★★★ | ★★★★☆     | ★★★★☆ | ★★★☆☆        |

Проблематика:

- Розбіжності у часі надходження.
- Різна просторова точність.
- Відсутність калібрування.

Технології обробки:

Етап очищення:

- Виправлення часових зсувів.
  - Нормалізація координат (WGS84 → Web Mercator)
- ```

def normalize_coords(lat, lon):
    return transform(Proj(init='epsg:4326'),
                    Proj(init='epsg:3857'), lon, lat)
    
```

Валідація:

- Статистичні тести (ANOVA, регресійний аналіз).
- Геопросторове узгодження за допомогою PostGIS:

```

SELECT ST_Within(sensor_point, admin_area)
FROM validation_data;
    
```

Джерела даних є основою функціонування КІАС, забезпечуючи систему інформацією для моніторингу та реагування на надзвичайні ситуації. Відкриті API, супутникові знімки, сенсори IoT та краудсорсинг надають різноманітні та актуальні дані, кожне з яких має свої переваги та недоліки. Інтеграція та обробка цих джерел є ключовими для забезпечення ефективності системи. У майбутньому розвиток технологій і розширення мережі джерел даних зроблять КІАС ще потужнішим інструментом для управління надзвичайними ситуаціями. Отже, джерела даних для КІАС повинні бути різноманітними, взаємодоповнюючими та оперативно інтегрованими. Поєднання автоматичних джерел (сенсори, супутники, API) із людськими (краудсорсинг) забезпечує гнучкість та стійкість системи в умовах реальних НС. Завдяки цьому КІАС здатна не лише фіксувати події, але й здійснювати аналітичну оцінку ситуації, прогнозування розвитку та формування ефективних рішень для реагування.

## 2.4. Моделі аналізу

У сучасних умовах надзвичайні ситуації характеризуються високою частотою виникнення та складністю прогнозування, що вимагає використання передових методів аналізу даних. Точність і своєчасність обробки інформації є ключовими факторами для ефективного реагування та мінімізації наслідків. Моделі аналізу, такі як алгоритми класифікації ситуацій та методи аналізу часових рядів, відіграють центральну роль у вирішенні цих завдань. Вони дозволяють ідентифікувати типи НС і прогнозувати їхній розвиток, що є основою для оперативного прийняття рішень у комп'ютерних інформаційно-аналітичних системах. У цьому підрозділі розглядаються основні підходи до аналізу даних у контексті НС, з акцентом на математичні основи та їхнє практичне застосування.

Алгоритми класифікації є важливими інструментами для обробки даних, що надходять у реальному часі, дозволяючи систематизувати та інтерпретувати інформацію про НС. У цьому підрозділі аналізуються три основні методи: дерева рішень (Decision Trees), випадковий ліс (Random Forest) та згорткові нейронні мережі (CNN) для обробки зображень. Дерева рішень (Decision Trees) представляють собою ієрархічну структуру, яка використовується для прийняття рішень шляхом послідовного розщеплення даних на основі значень ознак. Кожен внутрішній вузол дерева відповідає умові, гілки – можливим значенням, а листові вузли – кінцевим класам. Основним завданням побудови дерева є вибір оптимального критерію розщеплення, який мінімізує неоднорідність класів у дочірніх вузлах. Одним із найпоширеніших критеріїв є ентропія, яка характеризує ступінь невизначеності в наборі даних  $D$ :

$$H(D) = -\sum_{i=1}^c p_i \log_2 p_i,$$

де  $c$  – кількість класів;  $p_i$  – частка зразків, що належать до класу  $i$ .

Приріст інформації для ознаки  $A$  обчислюється як:

$$\text{Gain}(D, A) = H(D) - \sum_{v \in \text{Values}(A)} \frac{|D_v|}{|D|} H(D_v),$$

де  $D_v$  – підмножина даних для значення  $v$  ознаки  $A$ .

Альтернативним критерієм є індекс Gini:

$$G(D) = 1 - \sum_{i=1}^c p_i^2.$$

Оптимізація цього показника дозволяє ефективно розподіляти дані за класами. Наприклад, у контексті НС дерево рішень може класифікувати тип події (пожежа, повінь, землетрус) на основі параметрів, таких як температура, вологість або сейсмічна активність. Випадковий ліс є ансамблевим методом, що базується на комбінації множини дерев рішень. Кожне дерево будується на випадковій підмножині даних і ознак, що

підвищує стійкість моделі до шуму та перенавчання. Кінцевий результат класифікації визначається шляхом агрегування передбачень окремих дерев:

$$\hat{y} = \text{mode}\{y_1, y_2, \dots, y_m\},$$

де  $y_i$  – передбачення  $i$ -го дерева;  $m$  – загальна кількість дерев.

Математична основа Random Forest включає також оцінку ймовірності належності до класу ( $k$ ):

Оцінка ймовірності для класу  $k$ :

$$P(k) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m I(y_i = k),$$

де  $I$  – індикаторна функція.

Цей підхід забезпечує високу точність за рахунок усереднення результатів і зменшення дисперсії. У задачах управління НС випадковий ліс може бути застосований для ідентифікації техногенних аварій на основі комбінованих метеорологічних та інфраструктурних даних. Згорткові нейронні мережі (CNN) для знімків є спеціалізованим класом нейронних мереж, призначених для обробки структурованих даних, таких як зображення. Вони широко застосовуються для аналізу супутникових знімків у задачах виявлення НС. Основною операцією в CNN є згортка, яка витягує локальні ознаки з вхідного зображення ( $x$ ) за допомогою фільтра ( $w$ ):

$$s(i, j) = (x * w)(i, j) = \sum_m \sum_n x(i + m, j + n) w(m, n),$$

де  $x$  – вхідне зображення;  $w$  – фільтр згортки.

Отримана карта ознак активується нелінійною функцією, наприклад, ReLU:

$$f(x) = \max(0, x).$$

Для зменшення розмірності даних застосовується пулінг, наприклад, max-pooling:

$$p(i, j) = \max_{m, n \in R} s(i + m, j + n),$$

де  $R$  – область пулінгу.

Ці операції дозволяють CNN ефективно виявляти візуальні патерни, такі як дим або вогонь на супутникових знімках, що є важливим для раннього виявлення пожеж. Аналіз часових рядів є ключовим для прогнозування динаміки НС, оскільки дозволяє враховувати темпоральні залежності в даних. У цьому підрозділі розглядаються два основні методи: ARIMA та рекурентні нейронні мережі з довгостроковою пам'яттю (LSTM). Модель ARIMA (авторегресійна інтегрована модель ковзного середнього) є статистичним інструментом для моделювання часових рядів. Вона базується на трьох компонентах: авторегресії (AR), інтегруванні (I) та ковзному середньому (MA). Модель позначається як

$$ARIMA(p, d, q),$$

де  $p$  – порядок авторегресії;  $d$  – ступінь диференціювання;  $q$  – порядок ковзного середнього.

Авторегресійна складова описується рівнянням:

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + T_t,$$

де  $\phi_i$  – коефіцієнти;  $T_t$  – випадкова похибка.

Ковзне середнє моделюється як:

$$y_t = T_t + \theta_1 T_{t-1} + \theta_2 T_{t-2} + \dots + \theta_q T_{t-q},$$

де  $\theta_i$  – коефіцієнти МА.

Для забезпечення стаціонарності ряд диференціюється  $d$  разів:

$$\Delta^d y_t = (1 - L)^d y_t,$$

де  $L$  – оператор зсуву назад.

ARIMA може бути використана для прогнозування поширення пожежі на основі історичних даних про температуру та вологість. Рекурентні нейронні мережі з довгостроковою пам'яттю (LSTM) є вдосконаленим типом рекурентних нейронних мереж, які здатні моделювати довгострокові залежності в часових рядах. Вони складаються з комірок пам'яті та трьох основних воріт: забуття, оновлення та виведення. Ворота забуття визначають, яку інформацію відкинути:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f),$$

де  $\sigma$  – сигмоїдна функція.

Ворота оновлення додають нову інформацію:

Додають нову інформацію до стану:

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i).$$

Кандидат на оновлення:

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_C \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_C).$$

Стан комірки оновлюється:

$$C_t = f_t \cdot C_{t-1} + i_t \cdot \tilde{C}_t.$$

Вихід визначається через:

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o).$$

Вихід:

$$h_t = o_t \cdot \tanh(C_t).$$

LSTM ефективно прогнозують сейсмічну активність, враховуючи довгострокові патерни в даних.

### Висновки

Інформаційна система при надзвичайних ситуаціях – це комплекс організаційних, технічних та програмних засобів, призначених для збору, обробки, зберігання, передачі та надання інформації, необхідної для прийняття рішень у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій. Цей комплекс є центральною платформою прийняття рішень, що базується на ба-

готовимірному аналізу ситуації, людському факторі та реальних можливостях інфраструктури реагування.

Комп'ютерна інформаційно-аналітична система – це програмно-апаратний комплекс, призначений для збору, обробки, аналізу та представлення інформації з метою підтримки прийняття рішень. Вона об'єднує різні джерела даних, дозволяє проводити аналіз та візуалізацію інформації, а також забезпечує користувачів необхідними даними для вирішення конкретних задач. Такі обмеження як низька автоматизація, відсутність інтеграції з API, які характерні для існуючих систем, КІАС нового покоління усуває, реалізує модульність, відкриті стандарти та AI-аналітику для НС.

Розглянуті моделі аналізу – алгоритми класифікації (Decision Trees, Random Forest, CNN) та методи аналізу часових рядів (ARIMA, LSTM) – є основою для обробки даних у КІАС для управління НС. Вони забезпечують точну ідентифікацію подій і прогнозування їхнього розвитку, що підвищує ефективність реагування. Розглянуті компоненти LSTM дозволяють ефективно управляти інформацією в часі, що робить її дуже потужним інструментом для прогнозування часових рядів. Вони дозволяють моделі враховувати довгострокові залежності інформації, що дозволяє їй докладніше аналізувати та прогнозувати майбутні значення у порівнянні з іншими типами нейронних мереж. Перспективним напрямком є інтеграція цих моделей у єдину систему для забезпечення комплексного аналізу та швидкого прийняття рішень.

### Список літератури

- [1] Захарова І. В., Філіпова Л. Я., Задорожний І. С., Тарасенко Д. А. Основи інформаційно-аналітичної діяльності: навч. посіб. / І. В. Захарова, Л. Я. Філіпова, І. С. Задорожний, Д. А. Тарасенко; 2-е вид., випр. і допов. Черкаси: Східноєвропейський університет імені Рауфа Аблязова, 2024. 347 с. URL: [https://suem.edu.ua/storage/doc/books/osnovy-informaciyno-analitychnoi-dialnosti-zaharova2.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://suem.edu.ua/storage/doc/books/osnovy-informaciyno-analitychnoi-dialnosti-zaharova2.pdf?utm_source=chatgpt.com).
- [2] Chen R., Sharman R., Rao H. R., Upadhyaya S. J. Coordination in Emergency Response Management. Communications of the ACM, May 2008, Vol. 51, No. 5, pp. 66-73. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1342327.1342340>.
- [3] Стрижак О. Є. Онтологічні інформаційно-аналітичні системи. Радіоелектронні і комп'ютерні системи, 2014, № 3 (67), С. 71-76. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs\\_2014\\_3\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/recs_2014_3_13).

Надійшла до редколегії 21.07.2025