

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України

Харківський національний університет радіоелектроніки

КЛИМОВ ІЛІЯ МИКОЛАЙОВИЧ

УДК 004.5; 004.7; 004.8; 007.85

**МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ МОНІТОРИНГУ І
ОПТИМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ**

01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Харківському національному університеті радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Кузьомін Олександр Якович, Харківський
національний університет радіоелектроніки,
професор кафедри інформатики, начальник
інноваційно-маркетингового відділу.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лисенко Едуард Вікторович, Національний
аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«ХАІ», головний науковий співробітник кафедри
інформаційних управляючих систем;

доктор фізико-математичних наук, професор
Кривий Сергій Лук'янович, Київський
національний університет ім. Тараса Шевченка,
професор кафедри інформаційних систем

Захист відбудеться «___» _____ 2012 року о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.01 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий «___» _____ 2012 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради
Д 64.052.01

Є. І. Литвинова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Демографічний вибух ХХ-ХХІ сторіч призвів до заселення територій, перебування на яких пов'язано з ризиком виникнення надзвичайних природних ситуацій. До таких територій можна віднести найближчі околиці вулканів, узбережжя поряд з відомими зонами сейсмічної активності, регіони з високою ймовірністю підтоплення тощо. Одночасно з цим поряд із місцями великої концентрації людей (мегаполіси та міські конгломерати) активно розвиваються виробництва, функціонування яких несе в собі ризики надзвичайних ситуацій техногенного походження. Винесення таких виробництв за межі зони ризику також не є панацеєю через підвищенні ризики виникнення надзвичайних ситуацій (НС) при транспортуванні небезпечних речовин. Для протидії ризикам, що пов'язані з надзвичайними ситуаціями в тому чи іншому регіоні зазвичай розгортають так звані ситуаційні центри моніторингу. Ці центри мають на меті: 1) поточний моніторинг ситуації та зменшення часу реакції на появу надзвичайної ситуації завдяки своєчасному сповіщенню відповідальних установ; 2) збір та попередня обробка даних щодо специфіки надзвичайних ситуацій в цьому регіоні; 3) проведення навчання та тренінгів як серед персоналу центрів, так і навколишнього населення щодо дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

Питаннями побудови ефективних методів зниження ризиків та моніторингу надзвичайних ситуацій займаються провідні наукові центри зарубіжжя (США, Росія, Німеччина, Швейцарія, Канада тощо) та України (зокрема Інститут космічних досліджень НАНУ-НКАУ та управління прогнозування МНС України). В 2008 році в рамках Світової конференції зі зниження ризиків надзвичайних ситуацій представниками 168 урядів світу була прийнята 10-річна програма «Hyogo Framework», що має на меті систематизацію та створення ефективної розподіленої системи для моніторингу надзвичайних ситуацій природного характеру.

Відсутність єдиної бази знань про дослідження, що проводяться різними науковими установами на території України заважає налагодженню ефективної взаємодії та обміну інформації як між науковими організаціями, так і урядовими установами, які фактично є замовником та кінцевим користувачем розроблених систем. Більше того – наразі фактично не існує уніфікованої системи оцінювання ризиків, яка б використовувалась в процесі прийняття рішень урядовими органами в геоінформаційному контексті з метою підвищення рівня екологічної безпеки населення.

Проблемами моніторингу та оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій успішно займаються вчені: W. Amman, O.O. Іщук, А.Ю. Шелестов, Н.М. Куцуль, С.В. Скакун, А.І. Міронов, С.В. Скакун, J. Twigg, C. Benson, A. Holloway, M. M. Коржнев, О.Є. Кошляков, L. M. Bouwer, B. Wisner, J. Mitchell, M. Davies, B. Guenther, Ю.С. Слотін, В. М. Бурков, А.А. Биков, М. Г. Топольський, М. М. Радаєв, Ю. В. Павлюк, А. І. Овсянік.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт Харківського

національного університету радіоелектроніки в межах позабюджетних тем «Розробка проекту автоматизованої інформаційної системи з управління ситуаціями» №0104U004740 та «Концепція бізнес проекту розробки автоматизованої інформаційної системи управління ситуаціями» №0105U002828, що виконувалися в інноваційно-маркетинговому відділі. У рамках цих тем автор, як виконавець, запропонував й дослідив методи та моделі моніторингу і оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру за умови наявності мережі центрів моніторингу надзвичайних ситуацій.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка методів та моделей моніторингу і оптимізації ризиків, що за рахунок процесів накопичення та обміну знаннями в процесі моніторингу дає можливість мінімізувати втрати внаслідок виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження.

Для досягнення мети досліджень і розв'язку сформульованої науково-технічної задачі необхідно:

- проаналізувати поточний стан проблемної області, яка досліджується;
- розробити модель представлення надзвичайної ситуації з урахуванням можливостей використання механізмів паралельного обчислення та розподілених баз знань;
- розробити модель взаємодії центрів моніторингу та оптимізації ризиків з метою побудови мережі обміну знаннями;
- розробити метод оптимізації ризиків щодо мінімізації негативних наслідків надзвичайної ситуації на підставі аналізу процесів зниження та оптимізації ризиків для природних та техногенних надзвичайних ситуацій;
- вдосконалити метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації на підставі попереднього статистичного аналізу з урахуванням прецедентного геоінформаційного контексту;

Об'єктом дослідження є процеси виникнення надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків.

Предмет дослідження – методи та моделі моніторингу і оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій, спрямовані на ефективне використання розподілених баз знань та паралельного обчислення.

Методи дослідження: системний та статистичний аналіз – для дослідження характеру вхідних даних систем моніторингу у методі обробки і відновлення вхідної вимірювальної інформації; методи експертних оцінок, математичного аналізу, евристичного та математичного програмування – для вирішення задачі оптимізації ризиків в розподіленій системі ситуаційних центрів; методи багатокритеріальної оптимізації й теорії прийняття рішень – для побудови моделі взаємодії центрів моніторингу та синтезу моделі представлення надзвичайної ситуації.

Наукова новизна результатів дисертаційної роботи. В процесі вирішення поставлених задач автором були отримані наступні наукові результати:

- вперше запропоновано метод оптимізації ризиків, який ґрунтується на використанні розподіленої бази знань та стохастичних оцінок на підставі попередніх та поточних спостережень, що дозволяє підвищити ефективність прийнятих рішень щодо величини потенційних збитків за рахунок адаптивного використання попередніх рішень;

- вперше запропоновано модель взаємодії центрів моніторингу надзвичайних ситуацій з урахуванням геоінформаційного контексту, яка базується на використанні самоорганізованих мереж, що дає можливість обміну знань та забезпечення робастності побудованої системи;

- набула подальшого розвитку модель представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій шляхом урахування зв'язків між ними, яка ґрунтується на використанні розподіленої бази знань, що надає можливість збільшення швидкодії методів оптимізації ризиків за рахунок можливості використання розподіленого обчислення;

- удосконалено метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації шляхом попереднього статистичного аналізу, який на відміну від аналогів враховує прецедентний геоінформаційний контекст, що дозволяє підвищити точність відновлення вхідної вимірювальної інформації.

Практичне значення отриманих результатів:

1. Моделі й методи моніторингу і оптимізації ризиків доведено до програмної реалізації у вигляді компонентів мережевої інфраструктури центрів моніторингу та оптимізації ризиків. Це дозволило забезпечити ефективний збір необхідної вхідної інформації для класифікації її експертами і попереднього наповнення бази знань;

2. Реалізація моделі взаємодії центрів моніторингу для побудови мережі та моделі представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій дозволило істотно (31%) знизити час на генерацію стратегії ліквідації наслідків надзвичайної ситуації за рахунок використання паралельного обчислення у розподіленій мережі.

3. Удосконалений метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації дозволив істотно (20%) знизити похибку відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації в умовах надзвичайної ситуації

Отримані в процесі досліджень наукові висновки та положення є обґрунтованими і достовірними. Обґрунтованість підтверджується результатами експериментальних досліджень з обробки реальних даних моніторингу сейсмічної активності в Українських Карпатах. Результати експериментів свідчать про зниження часу генерації рішень у 100% випадків.

Результати дисертації у вигляді програмного засобу, що реалізує метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації та метод оптимізації ризиків у розподіленій мережі центрів моніторингу надзвичайних ситуацій природного походження використовуються в діяльності СП «Обчислювальна техніка та системи автоматизації» (Довідка №25/18-1-11 від 18.01.11 р., Москва, Росія) та ЗАТ «Навідев» (Довідка №43 від 23.02.11 р., Харків, Україн)

Особистий внесок здобувача. Усі положення дисертаційної роботи, які виносяться на захист, основні результати теоретичних і експериментальних досліджень, отримано здобувачем особисто.

У роботах, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: у [1] – модель взаємодії розподіленої мережі центрів моніторингу та особливості її реалізації на прикладі стійкої до відмови мережі сенсорів, у [2] – метод оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій щодо мінімізації негативних наслідків та його реалізація для порівняльного оцінювання, у [4] – метод мінімізації негативних наслідків при виникненні надзвичайних ситуацій; [5] – реалізація моделі представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій з урахуванням зв'язків між ними; [6] – представлення мікроситуації у функціональному вигляді; [7] – формулювання нечіткої моделі представлення надзвичайної ситуації; [8] – метод та алгоритм пошуку необхідних знань у розподіленій мережі.

Апробація роботи. Основні результати роботи представлені й обговорені на 4 конференціях: 1) міжнародна наукова конференція International Disaster and Risk Conference, Давос, 2008 р., 2) міжнародна наукова конференція «Knowledge – Dialog – Solution» (Ужгород-Варна, 2008 р.), 3) міжнародній конференції «iTech» (Варна, 2009 р.), 4) міжнародній конференції «International Conference on Information and Intelligent Computing» (Бангкок, 2010 р.)

Публікації. За темою дисертації опубліковано 8 наукових праць (3 статті у наукових видання, включених до Переліків Департаменту атестації кадрів України, 3 статті у міжнародних виданнях, 2 тези доповіді на міжнародних наукових конференціях).

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота містить 137 сторінок основного тексту, 24 рисунки. Її структура складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 119 назв (на 9 с.), 2 додатки на 9 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовується актуальність теми дисертаційного дослідження, визначаються мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження, методологічні основи його проведення.

У вступі також відображені наукова новизна виконаного наукового дослідження й практична значущість роботи.

У **першому розділі** здійснено огляд існуючої літератури за досліджуваним напрямком минулих та новітніх досліджень. Виконано дослідження та аналіз методів та моделей моніторингу та оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження. З'ясовано, що найбільш важливими і складними залишаються проблеми зниження часу рішення задач оптимізації ризиків за участі осіб, що приймають рішення в процесі ліквідації первинних наслідків надзвичайної ситуації. Виявлено, що досі не вироблено системного підходу до інтеграції різнотипних баз знань з інформацією про надзвичайні ситуації з метою їх системної взаємодії, виявлення взаємозалежностей та використання сформованої бази знань

інформації для більш ефективного вирішення задач оптимізації ризиків. Розкрито природну обумовленість системного характеру ризиків надзвичайних ситуацій, приведено ілюстрацію динаміки розвитку ризиків та можливих підходів до їх оптимізації.

Обґрунтовано необхідність впровадження системного підходу до розв'язання поставленої задачі. Ця необхідність зумовлена стрімким зростанням обсягу даних моніторингу про надзвичайні ситуації та низки вимог до мінімізації їх економічного, матеріального та іншого впливу (фактично – оптимізації ризиків) на навколишнє середовище та людей, що перебувають в районі виникнення НС.

Запропоновано класифікацію отриманих знань про НС природного та техногенного походження для широкого спектру систем моніторингу: від систем моніторингу реального часу до аналітичних та систем, основним завданням яких є виявлення прихованих закономірностей у розвитку НС на підставі порівняльного аналізу та статистики за значний проміжок часу.

Подано ієрархічну структуру системи інформаційного забезпечення моніторингу та мінімізації ризиків, що складається з групи автономних центрів обробки та моніторингу даних без виділеного головного вузла. Також наведено ієрархічну структуру вирішення задач моніторингу та оптимізації ризиків, що включає в себе попередню обробку статистичних даних, аналіз стану та динаміки розвитку ситуації, аналіз та адаптація існуючих рішень, процес відбору рішень та формування рішень (у вигляді рекомендацій) для особи, що приймає рішення щодо оптимізації ризиків та фактичної протидії НС.

У дисертаційній роботі підкреслюється, що побудова моделі системи моніторингу та оптимізації ризиків передбачає первинне дослідження джерел небезпеки та опис їх з використанням формальної алгоритмічної мови, формування класифікації можливих ризиків з використанням онтології, опис існуючих сценаріїв ходу подій та ресурсів, які доступні системі для оптимізації ризику. Показано, що формування подібних знань на підставі існуючих багаторічних статистичних даних про НС підвищує ефективність оптимізації ризиків за рахунок використання минулого досвіду та знижує час, необхідний на вирішення цієї задачі за рахунок використання минулих близьких рішень.

У загальному вигляді **завдання дослідження** може бути сформульоване наступним чином. Відомо:

1. Множина центрів моніторингу $M_1 \dots M_n$, що займаються моніторингом певного типу надзвичайної ситуації

2. Для кожного центру моніторингу M_a :

– геоінформаційний контекст $G_a = \langle p_1, p_2 \dots p_k \rangle$ - набір характеристик навколишнього середовища, що не змінюються протягом часу;

– поточна ситуація $Sit = \langle \{X_1\}, \{X_2\}, \dots, \{X_n\} \rangle$ - чисельні ряди чисельних характеристик поточного стану навколишнього середовища

– $B_a = \langle b_1 \dots b_p \rangle$ - база знань прийнятих рішень, $b_i = \langle G_i, MSit_i, k_i, l, p \rangle$, де $MSit_i$ – мікроситуація, k_i – вжиті заходи, l – втрати, p – ціна вжитих заходів

– (x_a, y_a, z_a) – розміщення центра моніторингу у просторі

3. Множина можливих типів надзвичайних ситуацій $TSit = \langle tsit_1, tsit_2 \dots tsit_u \rangle$

4. Відповідний до $TSit$ вектор максимально допустимих ймовірностей виникнення надзвичайної ситуації подібного типу $P_{пред} = \langle p_{пред1}, p_{пред2} \dots p_{предu} \rangle$

Результатом вирішення задачі будемо вважати:

$$\text{Комплекс заходів } K^* = \langle k_1^*, k_2^* \dots k_i^* \rangle,$$

$$\text{Керуючу дію } Sit \xrightarrow{K^*} Sit^*,$$

$$p'(G, Sit^*, B) - \text{загальну ймовірність розвитку НС},$$

$$price(K^*) - \text{вартість комплексу заходів},$$

$$losses(K^*) - \text{загальну суму втрат}.$$

У **другому розділі** запропоновано метод оптимізації ризиків, направлений на мінімізацію негативних наслідків надзвичайних ситуацій.

Для вирішення задачі мінімізації негативних наслідків проведемо формалізацію критеріїв оцінки ефективності рішень.

Загальна ймовірність розвитку надзвичайної ситуації обчислюється наступним чином:

$$p'(G, Sit, B) = \frac{\sum_{i=1}^u p(G, Sit, B, tsit_i)}{u},$$

$$tsit_i \in TSit,$$

де $p(G, Sit, B, tsit_i)$ - ймовірність розвитку ситуації конкретного типу. Інформація про обчислення ймовірності розвитку ситуації отримується шляхом використання існуючих систем чи на підставі оцінок експертів.

Вартість комплексу заходів з попередження/ліквідації наслідків надзвичайної ситуації обчислюється як сума вартості всіх заходів:

$$\text{Комплекс заходів } K^* = \langle k_1^*, k_2^* \dots k_i^* \rangle,$$

$$\forall i > j, k_i \in K, k_j \in K : k_i < k_j,$$

$$price(K^*) = \sum_{a=1}^i price(k_i).$$

Для обчислення суми втрат проведемо декомпозицію усіх втрат на три категорії.

L_i^{Π} - вартість прямих втрат від виникнення надзвичайних ситуацій i -го типу;

$L_i^*(K^*)$ - вартість втрат пов'язаних з ліквідацією втрат через ліквідацію наслідків i -го типу;

$L_i^H(G)$ - вартість не відновлюваних втрат внаслідок виникнення надзвичайної

ситуації в поданому геоінформаційному контексті

$$\text{losses}(K^*) = \sum_{i=1}^p (L_i^{\Pi} + L_i^*(K^*) + L_i^H(G)),$$

де p – кількість типів надзвичайних ситуацій, що виникли в поточній ситуації.

Таким чином математична постановка багатокритеріальної задачі оптимізації ризиків надзвичайної ситуації формулюється наступним чином:

$$\begin{aligned} p'(G, \text{Sit}^*, B) &\rightarrow \min, \\ \forall \text{tsit}_i \in \text{TSit} : p(G, \text{Sit}^*, B, \text{tsit}_i) &< p^{\text{tsit}_i}_{\text{пред}}, \\ \text{price}(K^*) &\rightarrow \min, \\ \text{losses}(K^*) &\rightarrow \min. \end{aligned}$$

Для вирішення цієї задачі багатокритеріальної оптимізації використаємо пошук Парето-оптимального рішення:

$$\lambda_1 p'(G, \text{Sit}^*, B) + \lambda_2 \text{price}(K^*) + \lambda_3 \text{losses}(K^*) \rightarrow \min_{\text{Sit}},$$

$$\sum_{i=1}^3 \lambda_i = 1.$$

Процедура роботи методу описана на рис. 1. Механізм моніторингу та оптимізації ризиків безперервно перевіряє поточний стан системи та обчислює ймовірність виникнення ситуацій кожного конкретного типу. Якщо ймовірність виникнення НС перевищує допустиму, то вживаються заходи з попередження надзвичайної ситуації, а згодом, у разі виникнення надзвичайної ситуації – вживаються заходи з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації

Обчислення функції F виконується з використанням баз знань шляхом пошуку максимально близьких рішень. На цьому етапі на підставі сформованої декомпозиції ситуації в мікроситуації проводиться пошук отриманих попередніх рішень в базі знань. База знань зберігає кортежі $\langle \text{Sit}, \text{MSit}, K \rangle$, де до опису ситуації та мікроситуації додається низка прийнятих заходів в цій ситуації. На цьому етапі проводиться на підставі інтегрованої експертної системи перетворення:

$$\langle K_{\text{orig1}}, K_{\text{orig2}}, K_{\text{orig3}} \rangle \xrightarrow{\text{Str, Sit, MSit}} K_{\text{Sit}},$$

де $K_{\text{orig1}} \dots K_{\text{orig3}}$ - опис вжитих заходів у відповідних ситуаціях з кількісними показниками.

Таким чином проводиться адаптація збережених в базі знань заходів K_{Sit} з урахуванням поточного геоінформаційного контексту;

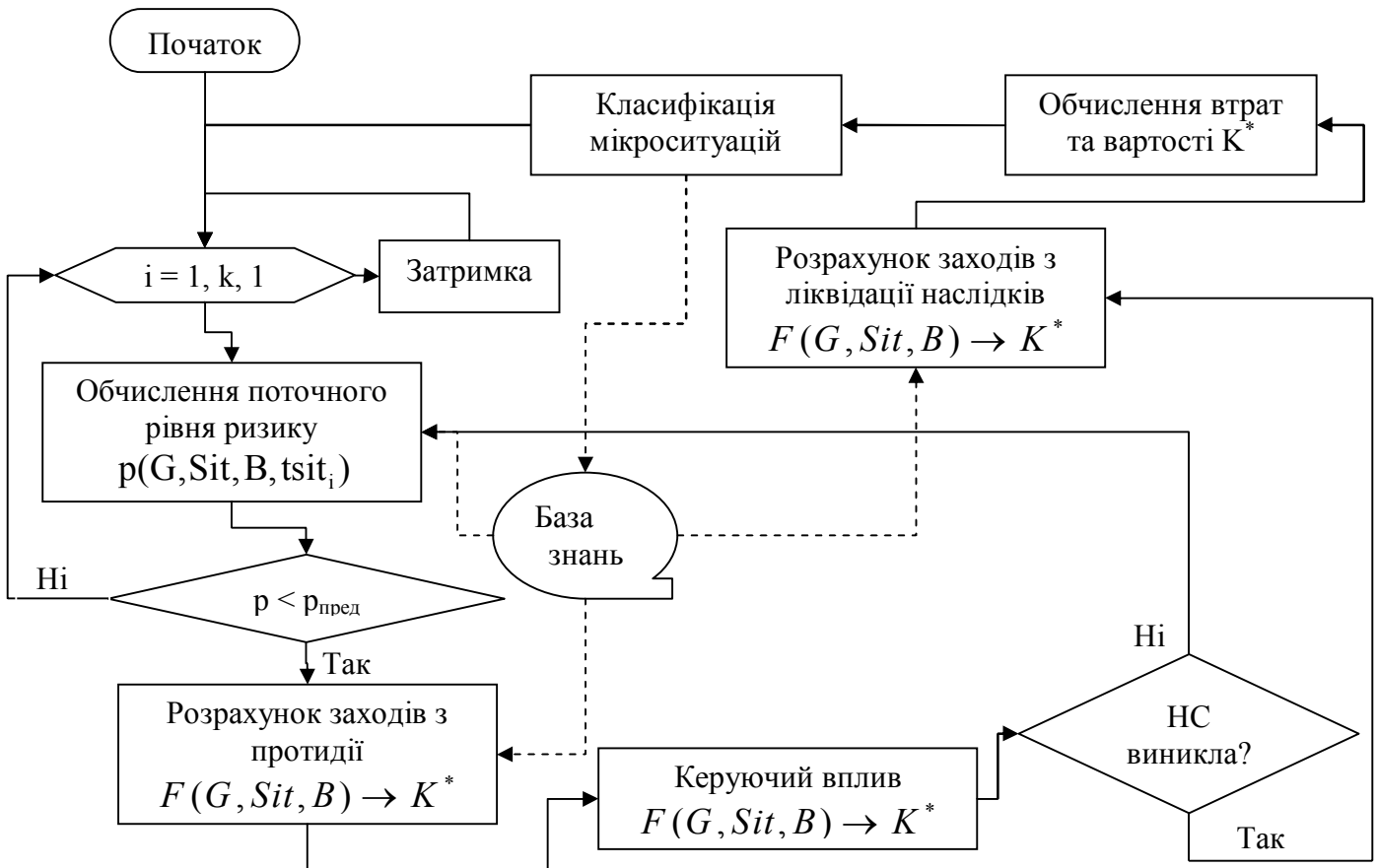


Рисунок 1 – Робота методу оптимізації ризиків

На останньому етапі роботи методу формується кортеж $\langle Sit, MSit, K \rangle$, що містить у собі вже адаптовані заходи та зберігається у базі знань для покращення результатів та зниження часу прийняття рішень в аналогічних ситуаціях.

Процедура запиту бази знань може не обмежуватись запитом локального середовища. Для ефективного прийняття рішень пропонується розподілена пошукова система в системі баз знань. Основні вимоги що висуваються до подібної системи такі:

- стійка до відмов – при виникненні надзвичайної ситуації звичайні канали для передачі даних можуть бути недоступні;
- однорангова система – формування єдиного серверу призводить до виникнення точки відмови, що неприпустимо для систем моніторингу та оптимізації ризиків;
- ефективний пошук нових вузлів системи – через змінювану структуру мережі при виникненні надзвичайних ситуацій необхідна швидка адаптація до появи нових вузлів в мережі та низька затримка до підключення їх у роботу.

Для опису подібної системи була розроблена модель взаємодії центрів моніторингу надзвичайних ситуацій з урахуванням геоінформаційного контексту для обміну знань. Вхідними параметрами моделі є множина ситуаційних центрів моніторингу та оптимізації ризиків, що описується кортежем $\langle x, y, z, G \rangle$, де x, y, z –

відповідно просторові координати а G – поточний стан бази знань системи моніторингу, що знаходиться у цих координатах.

Таким чином, процедура передачі знань між центрами моніторингу B_i та B_j може бути описана наступним чином:

$$B_i = B_i \cup B'_{ij},$$

$$B'_{ij} = b_1 \dots b_k \subseteq B_j,$$

$$p(b_i \in B'_{ij}) = \frac{k(d_{\max} - \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2})}{d_{\max}} d(G_i, G_j),$$

де p – ймовірність включення знання b_i до множини обміну знань між центрами моніторингу, $d_{\max}$ – максимальна дальність обміну знаннями, k – коефіцієнт розповсюдження знань, d – функція подібності геоінформаційних контекстів центрів моніторингу.

Для визначення оптимального значення k було проведено моделювання процесу прогнозування сходу лавин на підставі наявних баз знань ситуаційних центрів за умови що обмін знаннями проходить дискретно через певний проміжок часу. Для вирішення проблеми обміну вже існуючими знаннями кожен елемент g маркувався унікальним ідентифікатором, а також проходив стандартну процедуру класифікації при отриманні.

Похибка обчислювалась як кількість помилкових прогнозів на контрольній виборці ситуацій. З табл. 1 витікає, що за великі значення k призводять до зростання помилки, через накопичення помилок класифікації та зростання їх при передачі знань між слабо пов'язаними між собою центрами моніторингу. При нижчих значеннях k завдяки процедурі класифікації ймовірність похибки знижується.

Таблиця 1 – Результати досліджень

k	Ітерація			
	0	10	100	1000
0	12%	12%	12%	12 %
1	12%	11,3%	10,7%	10,6 %
5	12%	9,1%	8,9%	8,3%
10	12%	10,7%	11%	14,8 %

В третьому розділі запропоновано модель представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій з урахуванням зв'язків між ними, яка, на відміну від існуючих, ґрунтується на використанні розподіленої бази знань.

Мікроситуація – це група даних сенсорів моніторингу, що поєднана взаємозв'язками між собою. Декомпозиція ситуації на мікроситуації здійснюється таким чином, що:

$$\begin{aligned} \text{Sit} &= \text{MSit}_1 \cup \text{MSit}_2 \cup \text{MSit}_3 \cup \dots \cup \text{MSit}_n, \\ p(\text{MSit}_k) &= \text{dist}(\text{MSit}_k, \text{MSit}_r), \end{aligned} \quad (1)$$

де $\text{MSit}_1 \dots \text{MSit}_n$ – низка мікроситуацій, на які проводиться розбиття ситуації. Ймовірність виникнення мікроситуації MSit_k у декомпозиції ситуації Sit описується як $p(\text{MSit}_k)$ та визначається як декартова відстань між реальним значенням параметрів мікроситуації MSit_r та мікроситуацією MSit_k , що зберігається в базі знань

Після виконання розбиття ситуації Sit на мікроситуації виконується класифікація отриманих мікроситуацій щодо належності їх до класу геоінформаційного контексту. Для цього для кожної мікроситуації з (1) обчислюється функція належності до контексту:

$$\begin{aligned} N(\text{MSit}_k) &= \frac{\sum_{i=1}^u C(\text{MSit}_i) \frac{\text{dist}(\text{MSit}_k, \text{MSit}_i)}{\text{dist}_{\max} - \text{dist}_{\min}}}{u}, \\ \text{MSit}_i &\in \text{MSitn}, \text{MSitn} \subseteq \text{MSit}, \\ \forall \text{MSit}_a \in \text{MSitn} \quad \text{dist}(\text{MSit}_k, \text{MSit}_a) &< p, \\ |\text{MSitn}| = u, C(\text{MSit}_i) &= \begin{cases} 1 \text{ при } N(\text{MSit}_i) \geq 0,5 \\ 0 \text{ при } N(\text{MSit}_i) < 0,5 \end{cases}, \\ \text{dist}_{\max} &= \max_{i=1..u} \text{dist}(\text{MSit}_k, \text{MSit}_i), \\ \text{dist}_{\min} &= \min_{i=1..u} \text{dist}(\text{MSit}_k, \text{MSit}_i), \end{aligned} \quad (2)$$

де $N(\text{MSit}_k)$ – допоміжна функція належності до геоінформаційного контексту, C – функція належності до геоінформаційного контексту, MSit – множина мікроситуацій у базі знань, p – поріг порівняння, обчислюється експериментально.

База знань MSit у формулі (2) зберігає у собі всі попередні ситуації, що виникали протягом функціонування цього вузла мережі моніторингу та множину мікроситуацій MSit^* , яка була отримана з інших вузлів мережі моніторингу та описує тільки мікроситуації, що не мають прив'язки до геоінформаційного контексту.

На рис. 2 наведено приклад класифікації нової мікроситуації як такої, що не відноситься до контексту. Порівняння ведеться за двома параметрами (швидкість вітру та температура).

Попередня класифікація існуючих мікроситуацій виконується за допомогою експертів. Для цього виконується кластеризація існуючих мікроситуацій (див. рис. 2) та класифікація отриманих кластерів.

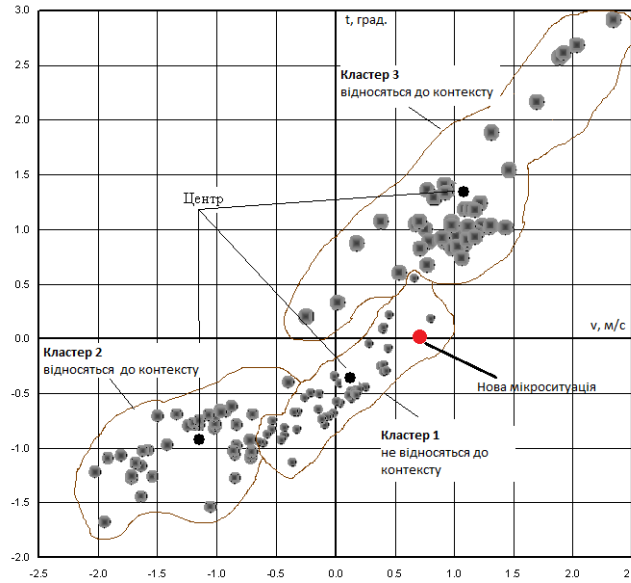


Рисунок 2 – Додавання нової мікроситуації до бази знань

Існуючі мікроситуації, що були про класифіковані як ті, що не відносяться до геоінформаційного контексту беруть участь в процесі обміну інформацією з іншими вузлами мережі ситуаційних центрів.

У четвертому розділі запропоновано метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації на підставі попереднього статистичного аналізу. Необхідність вирішення задачі відновлення пропущених даних витікає зі специфіки процесів розвитку надзвичайних ситуації, адже в процесі розвитку надзвичайної ситуації існує суттєвий ризик пошкодження матеріальної бази системи моніторингу, що може призвести до втрати даних, важливих для аналізу.

Вирішення задачі відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації розглянемо для ситуації, коли в наявності є два інтервали $D_1^-; D_2^-$ пропущених даних, що поділяють узагальнений інтервал D спостережень на три частини.

Для часового інтервалу $D = \{t \mid t_0^- \leq t \leq t^+\}$, $D = D_0 \cup D_0^+$; $D_0 = \{t \mid t_0^- \leq t \leq t_0^+\}$; $D_0^+ = \{t \mid t_0^+ < t \leq t^+\}$, є відомими результати спостережень процесів зміни параметрів системи моніторингу за період D_0 у вигляді дискретної виборки фактичних значень часового ряду:

$$Y_{K_0} = \{y_k \mid y_k = y[t_k]; t_k \in D_{K_0}, k = \overline{1, K_0}\},$$

$$D_{K_0} = \{t_k \mid t_k = t_0^- + (k-1) \frac{t_0^+ - t_0^-}{K_0 - 1}; k = \overline{1, K_0}\}. \quad (3)$$

Вхідні дані для інтервалів спостережень визначаються у нормованих змінних наступними співвідношеннями:

$$\hat{D}_0 = \hat{D}_1^+ \cup \hat{D}_1^- \cup \hat{D}_2^+ \cup \hat{D}_2^- \cup \hat{D}_3^+,$$

де окремі інтервали описуються наступним чином:

$$\hat{D}_0 = \{\tau \mid \tau_0^- \leq \tau \leq \tau_0^+; \tau_0^- \Leftrightarrow t_0^-; \tau_0^+ \Leftrightarrow t_0^+; \tau_0^- = 0; \tau_0^+ = 1\}; \quad \tau = \frac{t - t_0^-}{t_0^+ - t_0^-},$$

$$\hat{D}_1^+ = \{\tau \mid \tau_1^- \leq \tau \leq \tau_1^+, \tau_1^- = \tau_0^- = 0\}; \quad \hat{D}_1^- = \{\tau \mid \tau_1^+ < \tau_0^- \leq \tau \leq \tau_0^+ < \tau_2^-\},$$

$$\hat{D}_2^+ = \{\tau \mid \tau_2^- \leq \tau \leq \tau_2^+\}; \quad \hat{D}_2^- = \{\tau \mid \tau_2^+ < \tau_0^- \leq \tau \leq \tau_0^+ < \tau_3^-\},$$

$$\hat{D}_3^+ = \{\tau \mid \tau_3^- \leq \tau \leq \tau_3^+, \tau_3^+ = \tau_0^+ = 1\}.$$

Для інтервалів $\hat{D}_1^+; \hat{D}_2^+; \hat{D}_3^+$ часові ряди у вигляді (3) є відомими, на підставі кожного ряду формується система рівнянь у вигляді:

$$0,5a_{10} + \sum_{n=n_{11}}^{N_1} a_n T_n^*(\tau_{k_1}) - \hat{y}_1(\tau_{k_1}) = 0; \quad \tau_{k_1} \in \hat{D}_1^+, \quad (4)$$

$$0,5a_{20} + \sum_{n=n_{12}}^{N_2} a_n T_n^*(\tau_{k_2}) - \hat{y}_2(\tau_{k_2}) = 0; \quad \tau_{k_2} \in \hat{D}_2^+, \quad (5)$$

$$0,5a_{30} + \sum_{n=n_{13}}^{N_3} a_n T_n^*(\tau_{k_3}) - \hat{y}_3(\tau_{k_3}) = 0; \quad \tau_{k_3} \in \hat{D}_3^+. \quad (6)$$

На відміну від існуючих підходів, у рівняннях (4)-(6) значення n_{11}, n_{12}, n_{13} та N_1, N_2, N_3 обираються не статично, а на підставі бази знань із метою урахування особливостей динаміки процесу розвитку ситуації у відповідних інтервалах в конкретному геоінформаційному контексті. Обчислення коефіцієнтів виконується наступним чином:

1. Визначення характеру ситуації на момент останнього наявного виміру даного сенсора (встановлюється рівень ризику надзвичайної ситуації);
2. Визначення специфіки поведінки параметру в умовах прецеденту встановленого на 1 етапі – стохастичні чи періодичні коливання значень;
3. Якщо коливання є періодичними – визначення періоду коливань відносно попередніх вимірів та обиравання таких n_{11}, n_{12}, n_{13} та N_1, N_2, N_3 , що включають до себе мінімум 2 періоди коливань. Для стохастичних даних n_{11}, n_{12}, n_{13} та N_1, N_2, N_3 обчислюються як значення параметрів для найближчого геоінформаційного контексту з урахуванням відстані між контекстами або фіксоване значення в одну добу;

4. За умови появи даних – оцінка ефективності прогнозування та збереження n_{11}, n_{12}, n_{13} та N_1, N_2, N_3 разом із поточним геоінформаційним контекстом G в базі знань.

Розв'язання кожної системи рівнянь виконується згідно критерія Чебишева, що визначається відповідно формулами:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= \max_{k_1} \left| \Phi(\tau_{k_1}) - \hat{y}_1(\tau_{k_1}) \right|; \tau_{k_1} \in \hat{D}_1^+, \\ \Delta_2 &= \max_{k_2} \left| \Phi(\tau_{k_2}) - \hat{y}_2(\tau_{k_2}) \right|; \tau_{k_2} \in \hat{D}_2^+, \\ \Delta_3 &= \max_{k_3} \left| \Phi(\tau_{k_3}) - \hat{y}_3(\tau_{k_3}) \right|; \tau_{k_3} \in \hat{D}_3^+\end{aligned}$$

й полягає у визначенні відповідної матриці $A_s^0 = \{a_{sn}^0 \mid n = \overline{0, N}\}, s = \overline{1, 3}$ з умов мінімізації відповідної невязки $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3$

$$\Delta_s^0 = \min_{A_s} \Delta_{k_s}, \quad s = \overline{1, 3}.$$

Результатом вирішення систем (4)-(6) є наступні функції:

$$\begin{aligned}\Phi_1(\tau_{k_1}) &= 0,5a_{10}^0 + \sum_{n=n_{11}}^{N_1} a_{1n}^0 T_n^*(\tau_{k_1}), \quad \tau_{k_1} \in \hat{D}_1^+, \\ \Phi_2(\tau_{k_2}) &= 0,5a_{20}^0 + \sum_{n=n_{12}}^{N_2} a_{2n}^0 T_n^*(\tau_{k_2}), \quad \tau_{k_2} \in \hat{D}_2^+, \\ \Phi_3(\tau_{k_3}) &= 0,5a_{30}^0 + \sum_{n=n_{13}}^{N_3} a_{3n}^0 T_n^*(\tau_{k_3}), \quad \tau_{k_3} \in \hat{D}_3^+.\end{aligned}$$

Відновлення пропущених дискретних значень ряду на інтервалах $\hat{D}_1^-$ та $\hat{D}_2^-$ виконується шляхом формування цільових функцій. Часовий ряд інтервалу $\hat{D}_1^-$ повинен бути узгоджений з часовими інтервалами відповідно $\hat{D}_1^+, \hat{D}_2^+$. Аналогічно, часовий ряд інтервалу $\hat{D}_2^-$ узгоджується з часовими інтервалами $\hat{D}_2^+, \hat{D}_3^+$. Для забезпечення узгодження виконується процедура прогнозування: для інтервалу $\hat{D}_1^-$ на підставі функції $\Phi_1(\tau_{k_1}), \Phi_2(\tau_{k_2})$, а для інтервалу $\hat{D}_2^-$ - на підставі функцій $\Phi_2(\tau_{k_2}), \Phi_3(\tau_{k_3})$. Функції $\Phi_{01}(\tau_{k_{01}}), \Phi_{02}(\tau_{k_{02}})$ визначаються як середньо

арифметична функція прогнозу для відповідного інтервалу, на підставі якої виконується відновлення дискретних значень часового ряду в кожному інтервалі.

Результат відновлення визначається наступними співвідношеннями. Для інтервалу $\hat{D}_1^-$ маємо

$$\begin{aligned}\Phi_{01}(\tau_{k_{01}}) &= \frac{\Phi_{11}(\tau_{k_{01}}) + \Phi_{12}(\tau_{k_{01}})}{2}; \tau_1^+ < \tau_{k_{01}} < \tau_2^-, \\ \Phi_{11}(\tau_{k_{01}}) &= 0,5a_{10}^0 + \sum_{n=n_{11}}^{N_{11}} a_{1n}^0 T_n^*(\tau_{k_{01}}); \tau_{k_{01}} \in \hat{D}_1^-, \\ \Phi_{12}(\tau_{k_{01}}) &= 0,5a_{20}^0 + \sum_{n=n_{12}}^{N_{12}} a_{2n}^0 T_n^*(\tau_{k_{01}}); \tau_{k_{01}} \in \hat{D}_1^-, \\ \Phi_{01}(\tau_{k_{01}}) &= \Phi_{11}(\tau_1^+); \Phi_{11}(\tau_1^+) = \Phi_1(\tau_1^+); \tau_{k_{01}} = \tau_1^+, \\ \Phi_{01}(\tau_{k_{01}}) &= \Phi_{12}(\tau_2^-); \Phi_{12}(\tau_2^-) = \Phi_2(\tau_2^-); \tau_{k_{01}} = \tau_2^-.\end{aligned}$$

Для інтервалу $\hat{D}_2^-$ маємо

$$\begin{aligned}\Phi_{02}(\tau_{k_{02}}) &= \frac{\Phi_{21}(\tau_{k_{02}}) + \Phi_{22}(\tau_{k_{02}})}{2}; \tau_2^+ < \tau_{k_{02}} < \tau_3^-, \\ \Phi_{21}(\tau_{k_{02}}) &= 0,5a_{20}^0 + \sum_{n=n_{21}}^{N_{21}} a_{2n}^0 T_n^*(\tau_{k_{02}}); \tau_{k_{02}} \in \hat{D}_2^-, \\ \Phi_{22}(\tau_{k_{02}}) &= 0,5a_{30}^0 + \sum_{n=n_{22}}^{N_{22}} a_{3n}^0 T_n^*(\tau_{k_{02}}); \tau_{k_{02}} \in \hat{D}_2^-, \\ \Phi_{02}(\tau_{k_{02}}) &= \Phi_{21}(\tau_2^+); \Phi_{21}(\tau_2^+) = \Phi_2(\tau_2^+); \tau_{k_{02}} = \tau_2^+, \\ \Phi_{02}(\tau_{k_{02}}) &= \Phi_{22}(\tau_3^-); \Phi_{22}(\tau_3^-) = \Phi_3(\tau_3^-); \tau_{k_{02}} = \tau_3^-.\end{aligned}$$

Динаміка процесу за час спостережень $\hat{D}_0$ з урахуванням відновлених даних може бути описана наступним чином:

$$\Phi_0(\tau) = \begin{cases} \Phi_1(\tau) & \text{при } \tau_1^- \leq \tau \leq \tau_1^+; \\ \Phi_{01}(\tau) & \text{при } \tau_1^+ \leq \tau \leq \tau_2^-; \\ \Phi_2(\tau) & \text{при } \tau_2^- \leq \tau \leq \tau_2^+; \\ \Phi_{02}(\tau) & \text{при } \tau_2^+ \leq \tau \leq \tau_3^-; \\ \Phi_3(\tau) & \text{при } \tau_3^- \leq \tau \leq \tau_3^+; \end{cases}$$

Для перевірки запропонованого методу було використано результати спостережень за сейсмічною активністю в українських Карпатах. Характерною особливістю сейсмічної активності є наявність як періодичної, так і неперіодичної складової. Для аналізу були взяті дані моніторингу за період 24 години (інтервал даних – 1 хвилина). В якості бази знань були використані знання, отримані в результаті аналізу сейсмологічної активності за період попереднього місяця. В контрольному прикладі 8% даних було вилучено для перевірки, ці дані було вилучено у чотирьох інтервалах на 3, 12, 18 та 24-й годині моніторингу відповідно.

Таблиця 2 – Результати перевірки роботи алгоритму

Алгоритм	Час роботи, с	Середня похибка, %	Максимальна похибка %
Нейрона мережа: РБФ	46	5,6	9,2
Запронований алгоритм (ручний вибір коефіцієнтів)	5,7	2,1	3,4
Запропонований алгоритм (вибір на підставі аналізу бази знань)	8,3	2,5	4,1

Результати перевірки алгоритму відновлення відсутніх даних наведено у таблиці 2. Слід зазначити, що ручний вибір коефіцієнтів являє собою результат підбору параметрів з метою отримання найменшої середньої похибки, що не є можливим в процесі реального функціонування системи моніторингу, коли час на прийняття рішення є обмеженим.

Для перевірення ефективності запропонованих алгоритмів було виконано порівняння запропонованих методів з використанням методів відновлення відсутньої інформації, без неї та класичними алгоритмами прийняття рішень на підставі мікроситуацій. Для цього з даних штучно вилучався % вхідних даних та вимірювалася величина абсолютної похибки при прийнятті рішення на підставі наявних даних.

Як витікає з рис. 3. при відсутності 5% вхідних даних (що є типовим для функціонування ситуаційних центрів) використання запропонованого методу в сукупності з відновленням вхідної інформації (лінія MG+Recovery) дозволяє в три рази скоротити похибку обчислень.

Велика подібність базового алгоритму (Base) та запропонованого покращеного методу (MG) пов'язана з відсутністю обміну знаннями в процесі проведення експерименту для виявлення залежності лише від відсутніх даних.

На рис. 4. Наведено порівняльний аналіз часу роботи методів, залежно від кількості показників, що одночасно контролюються системою. Зазначимо, що оскільки шкала часу є логарифмічною, швидкість роботи запропонованого методу для 80 показників більш ніж вдвічі (21,1 порівняно з 44,3 с.) менша, аніж раніше використаний метод.

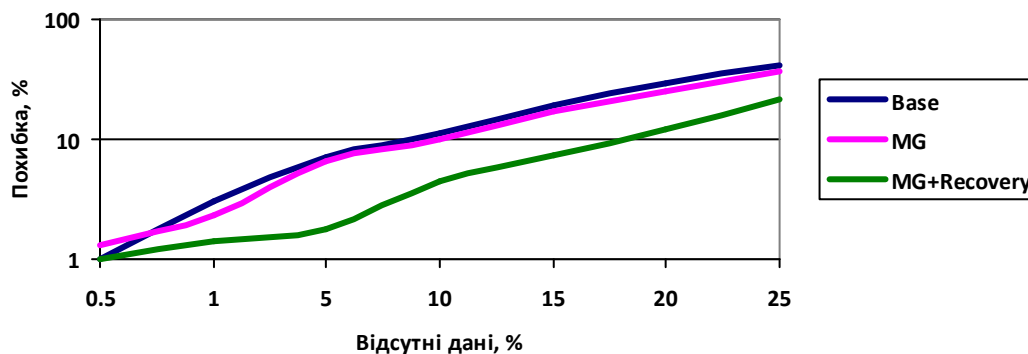


Рисунок 3 – Результати порівняльного аналізу методів

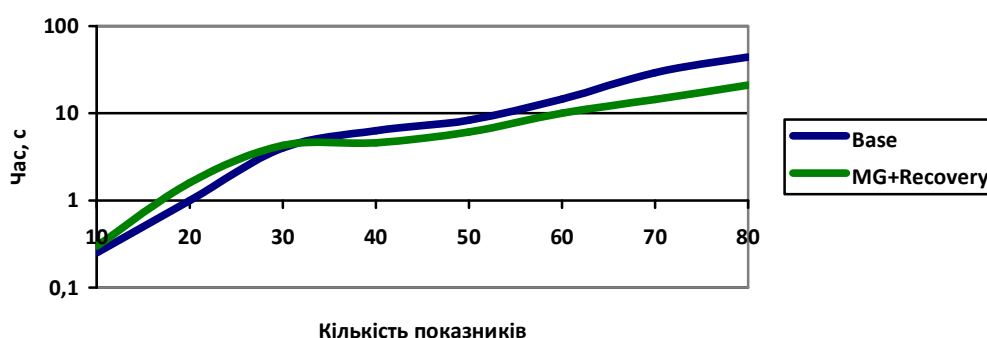


Рисунок 4 – Результат порівняння часу роботи методів

У додатку наведено акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

Виконані в рамках дисертаційної роботи дослідження характеризуються розв'язанням актуальної науково-практичної задачі мінімізації втрат внаслідок виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження шляхом покращення рішень щодо використання наявних ресурсів для протидії та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації з урахуванням процесу накопичення та обміну знаннями в процесі моніторингу. Отримані наукові результати:

1. Новий метод оптимізації ризиків надзвичайних ситуацій, спрямований на мінімізацію негативних наслідків, який активно використовує розподілені бази знань, що дозволяє впровадити адаптивне використання попередніх рішень для зниження величини потенційних збитків.

2. Нова модель взаємодії центрів моніторингу надзвичайних ситуацій у вигляді розподіленої мережі, яка враховує геоінформаційний контекст, дозволяє забезпечити ефективний обмін знаннями між окремими ситуаційними центрами, що сприяє підвищенню надійності системи в цілому.

3. Удосконалена модель представлення надзвичайної ситуації як композиції мікроситуацій може бути обчислена з використанням засобів розподіленого обчислення. Модель активно використовує розподілену баз знань яка зберігає зв'язки між мікроситуаціями для підвищення точності даних, що зберігаються у базі знань.

4. Удосконалений метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірної інформації підвищує точність відновлення вхідної інформації шляхом урахування прецедентного геоінформаційного контексту і використання статистичного аналізу для виявлення особливостей часових рядів.

5. Методи та моделі, запропоновані у дисертаційній роботі, доведено до програмної реалізації у вигляді інтегрованих компонентів програмної інфраструктури системи ситуаційних центрів, що дозволяє інтегрувати розподілену складову в процес роботи системи, не порушуючи існуючих процесів.

6. Запропоновані методи дозволяють істотно (30%) підвищити точність прогнозування в умовах відсутності вхідних даних та суттєво (20%) знизити час, необхідний на прийняття рішень щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Кузємин А.Я. Организация отказоустойчивой маршрутизации данных в сетях датчиков / А. Я. Кузємин, И. Н. Климов, В.М. Левыкин // Радиоэлектроника и информатика. – Харьков, 2007. – № 3(38). – С. 110 – 113.

2. Кузємин А.Я. Разработка распределенной геоинформационной системы для управления чрезвычайными ситуациями / А. Я. Кузємин, И.Н. Климов, И. А. Бухтиярова // Реєстрація, зберігання і обробка даних. – Київ, 2010. – С. 34 – 45.

3. Климов И. Н. Метод оптимизации рисков чрезвычайных ситуаций природного происхождения в распределенной системе центров мониторинга / И.Н. Климов // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики: Сб. науч. трудов. – Харьков, 2011. – Выпуск 154. – С. 53 – 61.

4. Kuzemin O. Algorithm of Decision Support in Emergency. / O. Kuzemin, V. Davidenko , I. Klymov // International Book Series, Information Science And Computing, Book 7 Artificial Intelligence and Decision Making – Варна, 2008. – С. 143 – 147.

5. Kuzemin O. Development of Generalized Nature Environment Model for Emergency Monitoring / O. Kuzemin, I. Klymov, A. Toroev // International Book Series, Information Science And Computing, Book 5 Intelligent Technologies And Applications – Варна, 2008. – С. 131 – 136.

6. Kuzemin O. Functional Approach to Emergency Risk Minimization / O. Kuzemin , I. Klymov // International Book Series, INFORMATION Science And Computing, Book 10 Intelligent Support Of Decision Making – Варна, 2009. – С. 47 – 52.

7. Kuzemin O. Development of fuzzy-logic model for prediction of the avalanche-dangerous situations risks. / O. Kuzemin, A. Toroev, I. Klymov // International Disaster Risk Conference – Давос, 2008. – С. 135.

8. Kuzomin O. Functional approach to Decentralized Search Engine for P2P-Network Communities / O. Kuzomin, I. Klymov // Proceedings of 10th International Conference on Innovative Internet Community Systems. – Бангкок, 2010. – С. 158 – 163.

АНОТАЦІЯ

Климів І. М. Методи та моделі моніторингу і оптимізації ризиків. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 01.05.04 – системний аналіз і теорія оптимальних рішень. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Харків, 2012

Мета дисертаційного дослідження – мінімізація втрат внаслідок виникнення і розвитку надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження шляхом покращення рішень щодо використання наявних ресурсів для протидії та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації з урахуванням процесу накопичення та обміну знаннями в процесі моніторингу. Основні результати: новий метод оптимізації ризиків направлений на мінімізацію негативних наслідків надзвичайних ситуацій, який характеризується використанням розподіленої бази знань та стохастичних оцінок на підставі попередніх та поточних спостережень, що дає можливість підвищити ефективність прийнятих рішень щодо величини потенційних збитків за рахунок адаптивного використання попередніх рішень; нова модель взаємодії розподіленої мережі центрів моніторингу надзвичайних ситуацій з урахуванням геоінформаційного контексту, яка характеризується використанням мереж, що самоорганізуються, для обміну знань; удосконалена модель представлення надзвичайної ситуації у вигляді композиції мікроситуацій з урахуванням зв'язків між ними, яка, на відміну від аналогів, ґрунтується на використанні розподіленої бази знань, що дає можливість знизити час роботи методів оптимізації ризиків за рахунок використання засобів розподіленого обчислення; удосконалений метод обробки і відновлення відсутньої вхідної вимірювальної інформації на підставі попереднього статистичного аналізу, який на відміну від існуючих враховує прецедентний геоінформаційний контекст, що дозволяє підвищити точність відновлення вхідної вимірювальної інформації;

Ключові слова: оптимізація ризиків, класифікація, бази знань, паралельні обчислення.

АННОТАЦИЯ

Климів И. Н. Методы и модели мониторинга и оптимизации рисков чрезвычайных ситуаций. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.05.04 – системный анализ и теория оптимальных решений. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьков, 2012 г.

Целью исследования является разработка методами системного анализа,

эвристического и математического программирования методов оптимизации рисков, принятия решений по ликвидации последствий чрезвычайной ситуации и профилактике, направленной на снижение вероятности возникновения и развития чрезвычайной ситуации заданного типа. В результате выполнения работы были разработаны методы и модели мониторинга и оптимизации рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения, которые позволяют снизить риски и убытки при возникновении чрезвычайных ситуаций и ликвидации их последствий а также обеспечить эффективное принятие решений в условиях неопределенности и неполноты входящих данных путем использования геоинформационного контекста и распределенной базы знаний.

В работе произведен анализ современных подходов к мониторингу рисков чрезвычайных ситуаций и оптимизации рисков в контексте прогнозирования и минимизации потерь (как человеческих, так и материальных). Учитывая природу неопределенности задачи прогнозирования, было проведено исследование возможности применение баз знаний для повышения точности прогнозирования и эффективности принимаемых решений за счет повторного адаптивного использования ранее принятых мер в контексте развития схожих чрезвычайных ситуаций.

В работе предлагается модель взаимодействия ситуационных центров мониторинга и оптимизации рисков, направленная на эффективный обмен знаниями о ситуациях, возникающих в процессе функционирования центров мониторинга, их принадлежности к классу опасных/безопасных, а также принадлежности рассматриваемых микроситуаций, как составных частей ситуации, с точки зрения принадлежности к геоинформационному контексту. В целях снижения размерности задачи была использована техника представления ситуации в виде набора микроситуаций, объединяющих связанные характеристики окружающей среды. Классификация микроситуаций по критерию подобной принадлежности позволяет обеспечить обмен знаниями в системе центров мониторинга, без снижения эффективности принимаемых решений из-за использования нерелевантных к данным условиям функционирования ситуационных центров мониторинга данных.

Получила дальнейшее развитие применяемая модель представления чрезвычайной ситуации как композиции микроситуаций с учетом использования распределенной базы знаний и возможностей использования параллельных вычислений.

Получил дальнейшее развитие метод обработки и восстановления отсутствующей входящей измерительной информации на основе предварительного статистического анализа, который, в отличие от существующих, использует прецедентный геоинформационный контекст с целью идентификации типа и характера возникающей ситуации, необходимости в отсутствующей входящей информации и ограничениях на количественные показатели в текущих условиях. Применение подобного метода позволило повысить точность восстановления отсутствующей измерительной информации.

Практическая ценность разработанных методов и моделей состоит в снижении потерь в результате ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций путем принятия

эффективных решений с учетом имеющейся базы знаний об эффективности ранее принятых мер.

Использование разработанных моделей и методов позволяет значительно повысить качество прогноза по возникновению чрезвычайных ситуаций, снизить время на принятие решение при ликвидации первичных последствий чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуация, оптимизация рисков, базы знаний, параллельные вычисления.

ABSTRACT

Klymov I. Methods and models for emergency risks monitoring and optimization.
– As Manuscript.

PhD thesis (candidate degree of technical sciences) in specialty 01.05.04 – System Analysis and Optimal Decisions Theory. – Kharkiv National University of Radio Electronics, Ministry of Education and Science, Youth and Sport of Ukraine

The aim of the research – minimizing losses due to appearing and development of emergencies of nature and technological nature by improving solutions on reusing existing resources for resisting and mitigating emergency consequences. Proposed solution is taking into account data mining and knowledge exchange during monitoring process in emergency situational center. Main results: a new model of optimizing risks dedicated to extensive usage of distributed knowledge base and stochastic estimations from current and previous monitoring data allowing improving effectiveness of solutions by adopting previous solutions in timely manner; new model of emergency monitoring centers interaction in distributed network which takes into account geoinformational context for building effective knowledge exchange systems in self-organizing manner; improved model of representing emergency situation as a set of microsituations with relations between them based on distributed knowledge base which allows greatly (20%) decrease time of methods for risks optimization by using distribution calculation systems; improved method of processing and restoring missing instrumental information based on premature statistical analysis improving precision of restored information.

Keywords: emergency, risks optimization, classification, knowledge bases, parallel computations

Відповідальний випусковий **Тєвяшев А. Д.**

Підп. до друку 18.09.12 Формат 60х84/16. Спосіб друку – ризографія
Умов. друк. арк. 1,2. Тираж 100 прим.
Зам. № 2-812. Ціна договірна

ХНУРЕ, 61166, Харків, пр. Леніна, 14

Віддруковано в навчально-науковому
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ
Харків, пр. Леніна 14