

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНЬСЬКА АКАДЕМІЯ ДРУКАРСТВА

МИХАЙЛЮК СЕРГІЙ МИКОЛАЙОВИЧ



УДК 004 [.94 + .738]

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ
ЖИТТЯ ЛЮДИНИ**

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології
(12 – інформаційні технології)

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Рак Тарас Євгенович,
ПЗВО «ІТ СТЕП Університет», м. Львів,
проректор з науково-педагогічної роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Тимченко Олександр Володимирович,
Українська академія друкарства
Міністерства освіти і науки України, м. Львів,
професор кафедри комп'ютерних наук та
інформаційних технологій

доктор технічних наук, професор
Гожий Олександр Петрович,
Чорноморський національний університет
ім. Петра Могили Міністерства освіти і науки
України, м. Миколаїв,
професор кафедри інтелектуальних інформаційних
систем

Захист відбудеться 20 листопада 2020 р. о 12⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.35.101.01 в Українській академії друкарства за адресою: 79020, м. Львів, вул. Під Голоском, 19, ауд. 101.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української академії друкарства за адресою: 79006, м. Львів, вул. Підвальна, 17.

Автореферат розісланий 19 жовтня 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Жидецький В. Ц.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Впродовж останніх років відбувається активна урбанізація практично у всіх частинах світу, зростає кількість міського населення, зокрема, через міграцію сільського населення до великих міст, підвищується рівень індустріалізації міст, зростає соціальний рівень населення, пришвидшується темп життєдіяльності у великих містах, збільшується кількість та різноманітність виробничих підприємств та технологічних процесів. Відповідно, зростає кількість і концентрація (особливо в містах) небезпечних техногенних факторів, які негативно впливають на життєдіяльність людей. До них належать міські та промислові лиха (наприклад, вибухи, пожежі, хімічні аварії або витіки токсичних газів, застарілих пестицидів), дорожні аварії тощо. При цьому необхідно згадати і надзвичайні ситуації природного характеру, викликані надзвичайними метеорологічними умовами, кількість і масштаби яких останніми роками суттєво зростають внаслідок глобальних кліматичних змін. Деякі з них проуюють та можуть призвести до техногенних аварій та катастроф.

Як наслідок, виникає потреба в розробленні методів та засобів, які нададуть можливість оцінити рівень небезпечного техногенного впливу на життя та здоров'я людини.

Дослідженням питань оцінювання втрат від техногенних катастроф та управління ризиками займаються як вітчизняні, так й іноземні вчені, зокрема П.В. Пашко, А.Д. Войцещук, П.Я. Пісной, П.К. Грабовський, Ю.В. Столєтов, В. Маршал, А.Б. Качинський, А.М. Сердюк, D.J. Varnes, Е.Дж. Хенлі, Х. Кумамото, С.І. Пирожков та інші. Основні питання, які висвітлюються в роботах згаданих вчених, належать до економічних аспектів і лише побіжно згадують про вплив надзвичайних ситуацій і техногенно небезпечних виробництв на життя та здоров'я людини. Проте очевидно, що життєдіяльність та функціонування людей в умовах підвищеного техногенного ризику не може задовольняти сучасні вимоги безпеки і якості життя. Аналіз результатів існуючих досліджень і теперішнього стану техногенної безпеки життя людини та системних і програмних засобів їх контролю свідчить про відсутність на даний час узагальнюючої оцінки безпеки та прогнозних оцінок.

Дане питання має тривалу історію, залишається гостро актуальним і потребує подальшого дослідження. З огляду на це є актуальною наукова задача створення методів, засобів та інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота над дисертацією проводилася в Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності (ЛДУБЖД) відповідно до Закону України «Про загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від

надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки» №4909-VI від 07.06.2012 р., Кодексу цивільного захисту України №5403-VI від 02.10.2012 р. Дисертаційна робота пов'язана з планами науково-дослідної та навчальної роботи і відповідає тематичній спрямованості наукових розробок, що здійснювались у ЛДУБЖД, та, зокрема кафедри управління проектами, інформаційних технологій та телекомунікацій.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення теоретичних та прикладних засад для реалізації інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини з врахуванням прогностичних оцінок кількісної міри ризику техногенних надзвичайних ситуацій.

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

- здійснити системний аналіз і класифікацію факторів впливу на безпеку життя людини, рівнів загроз природного, техногенного та соціального середовища, умов і обставин виникнення подій (нешасних випадків, аварій і катастроф) на виробництві і транспорті;
- провести оцінювання наслідків техногенного впливу на життєдіяльність людини шляхом врахування імовірності умов і обставин виникнення несприятливих подій та очікуваних впливів і втрат в результаті настання цієї події, зокрема потенційного впливу від техногенних джерел забруднення міста на основі даних моніторингу атмосферного повітря;
- здійснити прогнозування кількості випадків виробничого та невиробничого травматизму в Україні на основі однофакторної моделі прогнозування з виявленням довготривалого тренду;
- провести опрацювання і аналіз статистики виробничого травматизму як часового ряду із застосуванням комбінованих методів вейвлет та фрактального аналізу, для виявлення латентних знань, зокрема найбільш ризик-небезпечний часовий період, віковий контингент тощо;
- розробити структурно-функціональну модель інформаційної технології з врахуванням кількісної міри ризику та прогнозного оцінювання втрат, на підставі методів і моделей оцінювання ризику та безпеки життєдіяльності людини.

Об'єкт дослідження – процеси формування та прогностичного оцінювання факторів безпеки життєдіяльності людини.

Предмет дослідження – методи, моделі та засоби інформаційних технологій формування і оцінювання безпеки життєдіяльності людини.

Методи досліджень. У дисертаційній роботі використано: методи системного аналізу для виявлення факторів впливу на безпеку життєдіяльності людини, методи теорії випадкових процесів для опису реалізації надзвичайної події, методи ГІС для створення геоінформаційних

карт візуалізації просторового розподілу ризиків в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру, методи факторного аналізу, поєднання вейвлет та фрактального аналізу як індикаторів досліджуваних процесів або тенденцій до їх зміни.

Наукова новизна отриманих результатів. На підставі теоретичних і практичних досліджень, виконаних у дисертаційній роботі, отримано такі нові результати:

вперше

- розроблено метод розрахунку наслідків техногенного впливу на життєдіяльність людини з врахуванням факторів впливу на безпеку життя, імовірності умов та обставин виникнення несприятливих подій, що дозволяє оцінити потенційні втрати від настання цієї події;
- розроблено структурно-функціональну модель інформаційної технології техногенної безпеки життя людини з врахуванням кількісної міри ризику та набору інформативних параметрів, яка дозволяє давати прогностичні оцінки на будь-яких частотно-часових інтервалах;
- розроблено метод прогнозування кількості випадків виробничого та невиробничого травматизму в Україні на основі однофакторної моделі прогнозування, яка дає можливість виявити довготривалий тренд;

удосконалено

- причинно-наслідкові моделі при моделюванні небезпечних процесів у вигляді деревовидних семантичних моделей процесів виникнення подій, що зумовлює можливість їх застосування для прогнозування, розвитку і можливого впливу на безпеку життєдіяльності людини;

отримав подальший розвиток

- модифікований комбінований підхід для опрацювання і аналізу статистик виробничого травматизму, як часового ряду, що дозволило передбачити сплески нестабільності або нестійкості явища травматизму та спрогнозувати частоту і особливості виникнення виробничого травматизму в режимі реального часу.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені в дисертаційній роботі методологічні основи інформаційного, технологічного та організаційного спрямування стали підґрунтям створення інформаційної технології, що забезпечує удосконалення процесів оцінювання техногенної безпеки життя людини з врахуванням прогностичних оцінок кількісної міри ризику.

Практично вагомими вважаються такі результати:

- метод розрахунку наслідків техногенного впливу з врахуванням імовірності надзвичайної події;

- модифікований комбінований підхід для опрацювання і аналізу статистик виробничого травматизму, що дозволило виконати прогноз виробничого травматизму в режимі реального часу та довготривалій перспективі;
- структурно-функціональну модель інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини, яка враховує кількісну міру ризику, набір інформативних параметрів та прогнозні оцінки на будь-яких частотно-часових масштабах та забезпечує удосконалення процесів оцінювання.

Результати дисертаційної роботи апробовано і використано у таких організаціях та установах:

- Управління ДСНС України у Чернівецькій області;
- у приватному підприємстві «Зв'язок та інформаційні технології» при реалізації проекту «Геопортал ЗІТ»;
- ПЗВО «ІТ СТЕП Університет» при виконанні науково-дослідної роботи «Оптимізація допустимих рівнів ризику та алгоритмів їх наближення до світових рівнів»;
- у навчальному процесі Української академії друкарства під час викладання дисциплін «Математичне моделювання систем і процесів», «Проектування інформаційних систем».

Особистий внесок здобувача. Усі наукові результати дисертаційної роботи отримані автором самостійно. Одноосібно опубліковані праці – [2, 4]. У працях, опублікованих у співавторстві, автору належать: моделювання геоінформаційних карт для візуалізації просторового розподілу ризиків в умовах надзвичайних ситуацій природного характеру [1, 6]; причинно-наслідкова семантична модель небезпечних процесів [3]; розробка інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки [5]; розроблення методів вейвлет та фрактального аналізу для дослідження статистики виробничого травматизму [7].

Апробація результатів дисертаційної роботи. Основні наукові положення, результати, рекомендації та висновки дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на науково-технічних конференціях: XIV Міжнародна науково-практична конференція «The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics» (м. Поляна, 2017 р.); Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту» (м. Залізний порт, 2017, 2019 рр.); II Міжнародна наукова конференція «Logistyka w bezpieczeństwie, zarządzaniu, medycynie i ratownictwie» (м. Варшава, Польща, 2019 р.), а також на наукових семінарах Львівського державного університету безпеки життєдіяльності та ПЗВО «ІТ СТЕП Університет».

Публікації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження викладено в 7 наукових публікаціях, наведених в авторефераті серед них 4 статті у наукових фахових виданнях України з технічних наук (з них 2 включені до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus); 3 публікації у збірниках праць міжнародних конференцій (з них 1 включена до міжнародної наукометричної бази Scopus).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Робота містить 160 сторінок, з них 129 – основного тексту, 22 рисунки та 3 таблиці, список літературних джерел налічує 131 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та основні завдання дослідження, наведено відомості щодо зв'язку роботи з науковими програмами і темами. Подано анотацію отриманих в дисертації результатів, висвітлено їх наукову новизну і практичну значимість, відзначено особистий внесок здобувача у спільних публікаціях, наведено кількісні показники стосовно опублікованих наукових праць, структури та обсягу дисертації.

У *першому розділі* проведено системний аналіз існуючих техногенних загроз. Показано, що сучасний стан екологічної безпеки в Україні не відповідає європейським стандартам, зокрема, існують надзвичайно високі рівні забруднення атмосферного повітря в промислових районах, які в разі перевищують аналогічні показники в країнах Східної Європи.

Антропогенне навантаження на навколишнє природне середовище в Україні призвело до значного підвищення ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС) техногенного та природного характеру, під якими маються на увазі порушення нормальних умов життя і діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат. Статистичні дані показують, що щороку в країні виникає значна кількість НС, які спричиняють великі матеріальні збитки і призводять до людських жертв.

Вище наведене підтверджує необхідність проведення ґрунтовних досліджень і аналізу факторів безпеки (техногенних ризиків), орієнтованих на створення методологічних основ інформаційної технології оцінювання безпеки життя людини (рис. 1).



Рис. 1. Інформаційно-технологічна модель оцінювання техногенної безпеки життя людини

Проведено аналіз та визначення екологічних та техногенних ризиків, визначено чинники впливу на безпеку життєдіяльності людини, причини виникнення та ланцюги техногенних подій негативного впливу. На основі цього створена узагальнена структурно-функціональна модель системи оцінювання належного рівня безпеки життя людини (рис. 2), визначені завдання дисертаційної роботи.

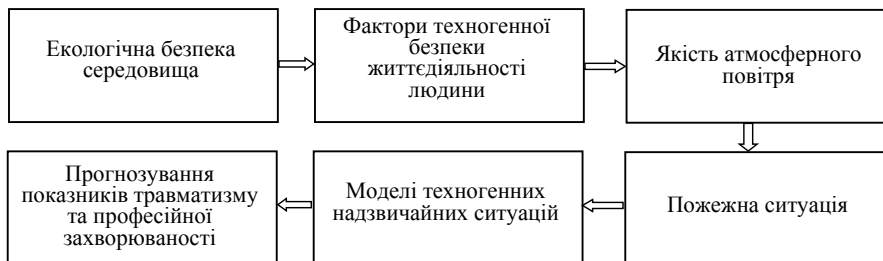


Рис. 2. Узагальнена структурно-функціональна модель системи оцінювання належного рівня безпеки життя людини

Другий розділ присвячений дослідженню моделей небезпечних процесів життєвого середовища. Розглянуто статистичні та імовірнісні методи отримання кількісних значень наслідків техногенного впливу на безпеку життя людини шляхом врахування імовірності несприятливої події та очікуваних втрат.

При дослідженні множини (i) несприятливих подій з різними значеннями імовірності виникнення P_i і відповідними збитками Y_i загальний ризик розраховується за формулою:

$$R = \sum_i P_i Y_i . \quad (1)$$

Алгоритм оцінювання потенційного ризику може бути використаний для оцінювання якості навколишнього середовища у сфері впливу

техногенних об'єктів. Потенційний ризик імовірності ураження людей $M[N]$ в межах певної території (міста, регіону) визначається за такою формулою:

$$R = M[N] = P \int \int_{S_r} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy, \quad (2)$$

де P – імовірність НС, в результаті якої виникає вражаючий фактор, що характеризується параметром Φ (наприклад, інтенсивність випромінювання, надлишковий тиск, токсична доза тощо);

S_r – область дії НС (наприклад, територія міста);

Φ_{\min}, Φ_{\max} – відповідно мінімальне і максимально можливе значення параметру вражаючого фактора;

$P(\Phi)$ – імовірність ураження людей вражаючим фактором;

$\psi(x, y)$ – щільність населення в межах S_r ;

$f(x, y, \Phi)$ – щільність розподілу інтенсивності параметра Φ в межах S_r .

Статистичний підхід в даному випадку це спосіб узагальнення інформації про велику сукупність даних, що дозволяє синтезувати цілісний образ – екологічну карту техногенних навантажень на місто або регіон.

Для оцінювання негативних наслідків, пов'язаних з впливом техногенних джерел забруднення міста використано алгоритм оцінювання потенційного ризику на основі даних моніторингу атмосферного повітря, для пожежного ризику – міри можливості реалізації пожежної небезпеки об'єкта захисту і її наслідків для людей і матеріальних цінностей («експертно-статистична модель», яка описує математичне очікування значення функції втрат під час пожежі). Показана необхідність створення нових підходів до побудови ризик-орієнтованих систем підтримки прийняття рішень реального часу для забезпечення техногенної безпеки життя людей, заснованих на динамічній моделі ризику, просторово-розподіленій моделі територіальної системи та моделях процесів руйнівного характеру.

Складність і масштабність проблем управління ризиками вимагає застосування системного підходу, суть якого пов'язана з уявленням про кількість цілей, критерії ефективності системи і кількість можливих стратегій, більш перспективних, в порівнянні з існуючими на сьогодні. До них належать: проектування майбутнього, узгодженого з концепцією сталого і безпечного розвитку суспільства, стратегічне управління ризиками.

У третьому розділі розглядаються моделі оцінювання і прогнозування ризику. Показана ефективність причинно-наслідкових моделей при моделюванні небезпечних процесів у вигляді дерева події, що дозволяє побудувати семантичні моделі процесів виникнення подій і заподіяння ними шкоди людським, матеріальним і природним ресурсам.

Загальна процедура моделювання і апіорного кількісного оцінювання середнього збитку від техногенних подій за допомогою діаграм причинно-наслідкових зв'язків включає сукупність ітерацій, кожна з яких складається з наступних етапів:

- 1) вибір небезпечного процесу і уточнення мети його моделювання;
- 2) побудова моделей типу «дерево подій» і «дерево подій – результатів»;
- 3) проведення якісного аналізу модельованого процесу;
- 4) здійснення кількісного оцінювання техногенного ризику (величини середніх втрат), очікуваного при здійсненні досліджуваного процесу;
- 5) обґрунтування заходів щодо зниження техногенного ризику та впливу на життя людини.

Виконано детальний аналіз етапів розвитку НС техногенного характеру та вражаючих факторів з використанням сучасних математичних моделей, що дозволяють адекватно описати масоперенесення небезпечної речовини в різних середовищах та дозволяє в реальному масштабі часу визначати на карті розподіл техногенного ризику в зоні ураження, що завдають шкоди людським і матеріальним ресурсам внаслідок її виникнення:

- 1) вивільнення накопиченої в людино-машинній системі енергії або запасів шкідливої речовини внаслідок аварії, яка там виникла;
- 2) неконтрольоване поширення потоків небезпечних речовин в нове для них середовище і переміщення в ньому;
- 3) їх подальше фізико-хімічне перетворення з додатковим енерговиділенням і переходом в новий агрегатний або фазовий стан;
- 4) руйнівний вплив (адсорбція) первинних потоків та/або наведених ними вражаючих факторів на незахищені від них об'єкти та людей.

Розглянуті методи розв'язання задач попередження техногенних надзвичайних ситуацій, пов'язаних із забрудненням довкілля. Аналіз літературних джерел засвідчує, що системи моніторингу і прогнозування НС посіли перше місце в боротьбі з техногенними катастрофами і природними катаклізмами. В області захисту населення і територій моніторинг та прогнозування НС відіграє важливу роль, оскільки спостереження, аналіз і оцінювання стану та зміни виявлених і потенційних джерел НС, а також прогноз впливу на безпеку населення, навколишнє середовище дозволяють розробляти і реалізовувати заходи, спрямовані на попередження та ліквідацію НС, мінімізацію соціально-економічних і екологічних наслідків. Залежно від масштабу НС доцільно проводити п'ять рівнів (ступенів) моніторингу: глобальний, національний, регіональний, місцевий, локальний. Кожен наступний рівень моніторингу є складовою частиною вище перерахованих рівнів.

На рис. 3 представлена детальна класифікація методів кількісного моніторингу атмосферного повітря.

- Основними задачами системи моніторингу атмосферного повітря є такі:
- оцінювання та прогнозування рівня забруднення атмосфери;
 - вивчення впливу забруднення повітряного басейну на захворюваність населення;
 - оцінювання складу та обсягів викидів забруднюючих речовин;
 - оцінювання збитків, що наносяться сільському господарству, лісам, тваринництву, будівлям і спорудам;
 - планування розміщення промислових підприємств та визначення санітарно-захисних зон з врахуванням даних моніторингу;
 - уточнення і перевірка розрахункових методів розсіювання домішок від джерел забруднення атмосферного повітря;
 - оцінювання фонового забруднення атмосфери.

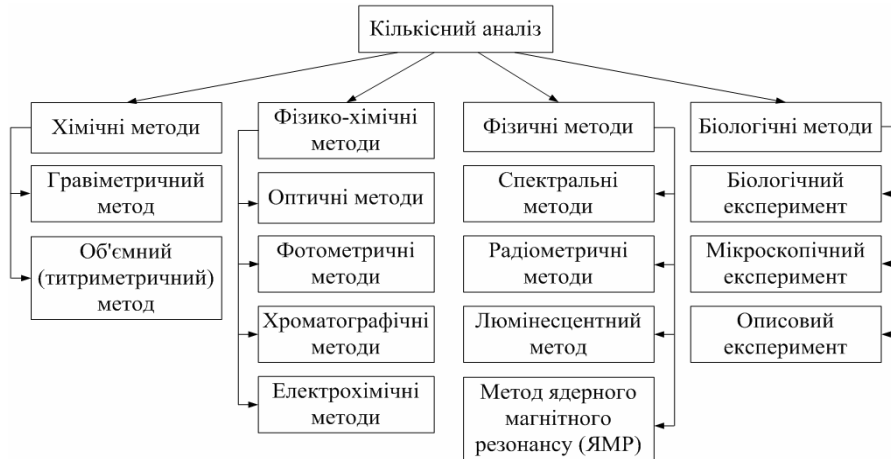


Рис. 3. Класифікація методів кількісного моніторингу атмосферного повітря

Важливим чинником безпеки життя людини є відсутність травматизму та основних факторів його виникнення. Існування виробничого і побутового травматизму суттєво зменшує якість життя людини. Для довготривалого прогнозування рівня травматизму в Україні використано однофакторну модель прогнозування через тренд. Для організації вибірки із генеральної сукупності (статистики травматизму) будують інтервали впорядкованої за зростанням (чи спаданням) величини $\{M_z\}$ (тобто реалізуємо квантування)

$$\forall z \in [1..N], \exists k \in [1..N_{(M)}]: M_z = M_{z,k} \in \Lambda_{(M)k} = [I_{(M)k-1}, I_{(M)k}], \quad (3)$$

де $\Lambda_{(M)k} = [I_{(M)k-1}, I_{(M)k}]$ – k -й інтервал; $M_{z,k}$ – z -те значення величини $\{M_z\}$,

яке потрапляє в k -й інтервал; $I_{(M)k}$ – інтервальна границя; $N_{(M)}$ – кількість інтервалів. Незалежно від інтервалу k початкове та кінцеве значення набору інтервальних границь $\{I_{(M)k}\}$ визначають за формулами:

$$I_{(M)0} = \min_{z \in [1..N]} (M_z); \quad I_{(M)N_{(M)}} = \max_{z \in [1..N]} (M_z). \quad (4)$$

Кожному інтервалу $\Lambda_{(M)k}$ поставимо у відповідність середнє значення випадкової величини $\{M_z\}$ цього інтервалу

$$M_{(M)k} = M \sigma_{zk} = \frac{1}{n_{(M)k}} \sum_{M_z \in \Lambda_{(M)k}} M_{zk}; \quad (5)$$

$$\Lambda_{(M)k} \rightarrow M_{(M)k}; \quad \mathbf{M}_{(M)} = \{M_{(M)k}\}, \quad k = \overline{1, N_{(M)}}$$

де $n_{(M)k}$ – значення випадкової величини M_z на інтервалі $\Lambda_{(M)k}$ з частотою:

$$f_{(M)k} = n_{(M)k} / N. \quad (6)$$

Частоту величини $\{M_z\}$, яка відповідає k -му інтервалу, обчислюємо за формулою Муавра-Лапласа:

$$\Phi_{(M)k} = \Phi(M_{(M)k}) = \frac{I_{(M)k} - I_{(M)k-1}}{N_{(M)}} \frac{1}{\sigma_{(M)} \sqrt{2\pi}} e^{-\left(\frac{M_{(M)k} - M_{(M)}}{\sqrt{2}\sigma_{(M)}}\right)^2}. \quad (7)$$

Прийнявши гіпотезу про нормальний розподіл випадкової величини $\{M_z\}$, приймаємо її точковим оцінюванням для побудови інтервалу довіри для математичного сподівання нормальної вибірки за невідомого середньоквадратичного відхилення:

$$\Lambda_{(M)\text{дов}} = \left[M_{(M)} - tm_{(M)}; M_{(M)} + tm_{(M)} \right], \quad (8)$$

де $m_{(M)}$ – середньоквадратичне відхилення середнього арифметичного

$$m_{(M)} = \frac{\sigma_{(M)}}{\sqrt{N}} \quad (9)$$

з довірчою імовірністю

$$p = 2\Phi(t_M). \quad (10)$$

В результаті побудова прогнозного тренду здійснюється за формулою:

$$M_{\text{прог}} = b_M \cdot c_m \cdot \lg(t). \quad (11)$$

Загальна кількість випадків виробничого та невиробничого травматизму та прогнозовані значення наведено на рис.4.

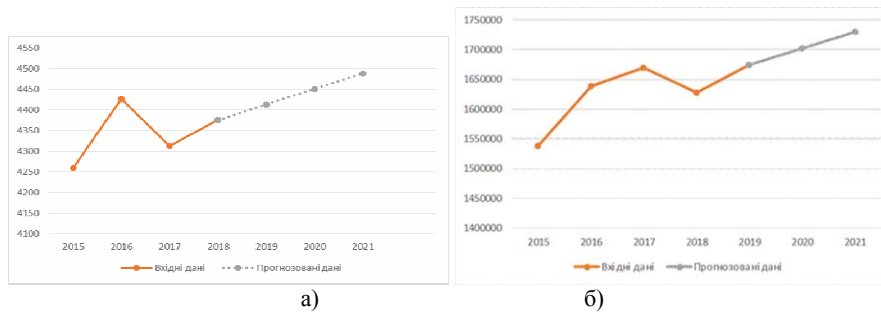


Рис.4. Результати прогнозування загальної кількості випадків виробничого (а) та невиробничого (б) травматизму

Таблиця 1

Оцінювання загальної кількості випадків невиробничого травматизму

Рік	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Усього нещасних випадків	1538205	1638291	1670035	1627816	1674831	1702432	1730034
Нижня оцінка					1579943	1604602	1629324
Верхня оцінка					1769718	1800263	1830745
Похибка прогнозу					±5,6%	±5,7%	±5,8
Відносний приріст		+6,5%	+2%	-2,5%	+2,9%	+1,6%	+1,6%

Згідно рис.4 б тренд до зростання невиробничого травматизму у період 2016-2017 р. став меншим за період 2015-2016 р. Проте після значного падіння кількості випадків травматизму у 2018 р., цей тренд, який характеризується стійкістю росту, вимагає застосування додаткових профілактичних дій. Похибка прогнозу складає не більше 6%, а відносне зростання загальної кількості випадків невиробничого травматизму не вище за 2,9%.

У *четвертому розділі* розроблена інформаційна технологія комплексного оцінювання впливу техногенних факторів на безпеку життєдіяльності людини. Розроблені інформаційно-програмні засоби аналізу ризиків забруднення атмосферного повітря з використанням сучасних ГІС-технологій, структура бази даних системи моніторингу та відповідного програмного забезпечення.

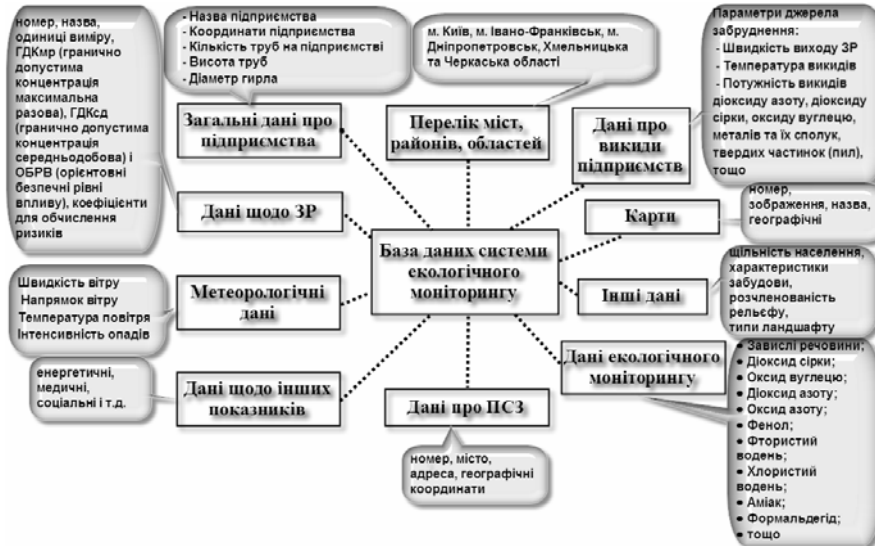


Рис. 5. Перелік інформаційних масивів бази даних системи моніторингу

Загальна схема аналізу даних моніторингу, визначення ризиків від техногенних забруднень та управління безпекою зображена на рис. 6.

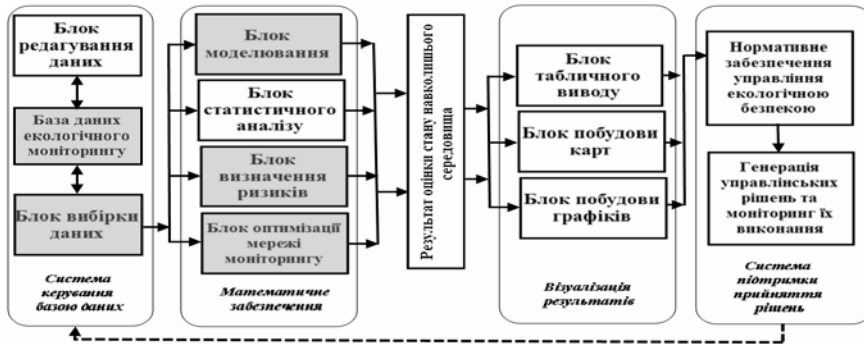


Рис. 6. Структура програмного забезпечення задач управління безпекою життя людини

При оцінюванні екологічного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря, кількісна міра ризику визначається як імовірність реалізації потенційної небезпеки:

$$R = \sum_{i=1}^n W_i(C) \cdot P_i(C), \quad (12)$$

де $W_i(C)$ – умовна імовірність завдання шкоди людині при поглинанні концентрації (дозы) C від i -го небезпечного інгредієнта; $P_i(C)$ – імовірність поглинання концентрації (дозы) C при настанні несприятливих подій, пов'язаних із забрудненням i -тим небезпечним інгредієнтом; n – число можливих небезпечних інгредієнтів; R – кількісна міра ризику. Функцію $W_i(C)$ для більшості впливів доцільно подати у вигляді S-подібної кривої, яка відображає зв'язок «доза-ефект».

На основі реальних даних моніторингу було розраховано рівні екологічного ризику для населення за атмосферним фактором. Для оцінювання ризиків проводився багатовимірний аналіз даних моніторингу забруднення атмосферного повітря міста Києва, виміряні на 15 пунктах спостереження.

Для опрацювання і аналізу статистик виробничого травматизму, як часового ряду використано модифікований комбінований підхід. Суть всіх існуючих методів дослідження травматизму спрямована на вивчення проблеми з метою зниження кількості нещасних випадків. Проте існуюча статистика (розділ 3, рис. 4) показує неухильне зростання випадків травматизму. Показано, що вибір інформативних параметрів ряду можна формалізувати за допомогою методів виявлення латентних знань, до яких відносяться методи факторного аналізу, побудови багатовимірних шкал, поєднання вейвлет та фрактального аналізу.

Модель прогнозування ризику виробничого травматизму представляє складне багатовимірне дослідження, оскільки травматизм – це процес, який залежить від великої кількості факторів і передумов. Модель включає такі етапи.

1. Формування ряду значень, що відображають зміни кількості нещасних випадків в досліджуваному інтервалі часу з метою аналізу його як часового ряду.

2. Комплексна обробка часового ряду методами фрактального і вейвлет-аналізу: підрахунок поточної розмірності ряду – відстаней від точки до всіх інших точок досліджуваної множини, визначення оцінки показника Герста:

$$H_t = \lg\left(\frac{R}{S}\right) / \lg\left(\frac{n}{2}\right). \quad (13)$$

Показник H_t пов'язаний з фрактальною розмірністю:

$$D_t = 2 - H_t. \quad (14)$$

а вектор показників хаотичності $P = (H_t, D_t)$ має наступний зміст.

$$\begin{cases} 0 < H_i < 0,5; 1,5 < D_i < 2; & \text{Антиперсистентна величина} \\ H_i = 0,5; D_i = 1,5; & \text{Випадкове блукання} \\ 0,5 < H_i < 1; 1 < D_i < 0,5; & \text{Персистентна величина} \end{cases} \quad (15)$$

Проведемо усереднення множини випадків x_1, x_2, \dots, x_N за досліджуваний період. Опишемо навколо довільного випадку (x_1, x_2, \dots, x_N) сферу з радіусом r і підрахуємо кількість випадків $M(x_i, r)$, що потрапили всередину сфери. Імовірність того, що вибраний випадок виявиться всередині сфери, визначимо розділивши $M(x_i, r)$ на повне число випадків в досліджуваній множині:

$$P(x_i, r) = \frac{M_i(x_i, r)}{N}. \quad (16)$$

3. Третім етапом є інтерпретація отриманих результатів, тобто перетворення, де виявляються нові дані і властивості, тобто додаткова інформація, недоступна в початковому ряді. Побудова фрактальних розмірностей (14)-(15) за факторами показує сценарії розвитку ситуацій і дозволяє судити про схильність процесу до стійкого або хаотичного стану. Аналіз чергування ділянок з різною фрактальною розмірністю і впливом на систему зовнішніх і внутрішніх факторів, дає можливість передбачати поведінку системи.

Для малих r ймовірність $P(x_i, r)$ поводить себе як $r \approx -D_i$, де D_i – гаусдорфова розмірність множини, тобто:

$$D_i(x_i) = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log P(x_i, r)}{\log r}. \quad (17)$$

Подальший аналіз нестационарних даних статистики виконуємо із застосуванням вейвлет-аналізу та відображаємо їх в масштабно-часову площину. В області частотно-часового перетворення виділяться особливості статистики, недоступні в початковому вигляді, що можна охарактеризувати як спектральний аналіз локальних змін. Тому методи фрактального і вейвлет-аналізу дають можливість швидкого виявлення зміни кількості нещасних випадків, а також і виявлення найбільш небезпечних моментів для своєчасного їх запобігання.

Обчислення вейвлет-перетворення є згорткою шуканої часової серії з функцією-вейвлетом:

$$W_n(a) = \sum_{n=1}^{N-1} x_n \cdot \Psi^* \left(\frac{(n-n)dt}{a} \right). \quad (18)$$

У частотній області використовуємо перетворення Фур'є вейвлета, сконцентрованого навколо деякої виділеної частоти $\omega_0 \neq 0$:

$$W_n(a) = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \hat{\psi}^*(a\omega_k) e^{i\omega_k n d t}. \quad (19)$$

де (*) – означає комплексно-спряжене, а знак (^) – перетворення Фур'є.

$$\hat{x}_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-2\pi i k n / N}, \quad (20)$$

$$\hat{\psi}(a\omega_k) = \left(\frac{2\pi a}{dt}\right)^{1/2} \hat{\psi}_0(a\omega_k). \quad (21)$$

Щоб отримати повне частотно-часове представлення сигналу, необхідно провести обчислення за допомогою вейвлет-перетворення, використовуючи формулу:

$$WT_s x(a, x) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} \psi^*\left(\frac{t-a}{a}\right) s(t) dt \quad (22)$$

де t – вісь часу, x – момент часу, $\psi(t)$ – вейвлет-функція, $s(t)$ – статистика, a – масштабний параметр вейвлет-перетворення. В результаті отримуємо картину, яка відображає частотно-часові характеристики статистики. Час відкладається по осі абсцис, частота – по осі ординат (рис.7).

За допомогою фрактального і вейвлет-аналізу були проаналізовані часові ряди виробничого травматизму по днях тижня. Понеділок має наступні параметри хаотичності $D_t = 1,55$; $H_t = 0,45$ – четвер $D_t = 1,6$; $H_t = 0,4$. Результати, свідчать про те, що понеділок (рис. 7, а)) і четвер – (рис. 7, б)) – це антиперсистентний часовий ряд, де сценарій розвитку ситуації прагне до хаотичного.

Яскраві області – поява провісників різких змін у виникненні нещасних випадків. Темні області – стабільний стан досліджуваного процесу, відсутність передумов до виникнення нещасних випадків.

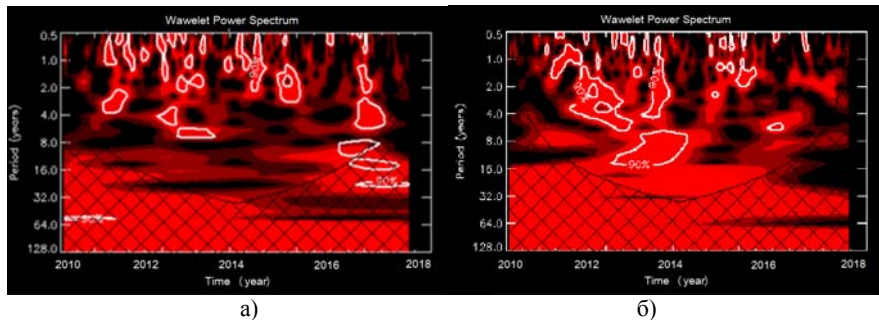


Рис. 7. Вейвлет-спектр появи нещасних випадків
а) понеділок, б) четвер

4. Четвертим етапом є виділення найменш стійких факторів, які прагнуть до нестабільного стану, на основі яких можна виділити найбільш ризик-небезпечні групи, часовий період, людей, віковий контингент тощо, та будувати відповідні прогнозні оцінки.

5. П'ятим етапом є розробка заходів та рекомендацій на основі отриманих результатів.

В результаті проведених досліджень розроблена структурно-функціональна модель інформаційної технології техногенної безпеки життя людини, яка враховує кількісну міру ризику, набір інформативних параметрів та прогнозні оцінки (рис.8).

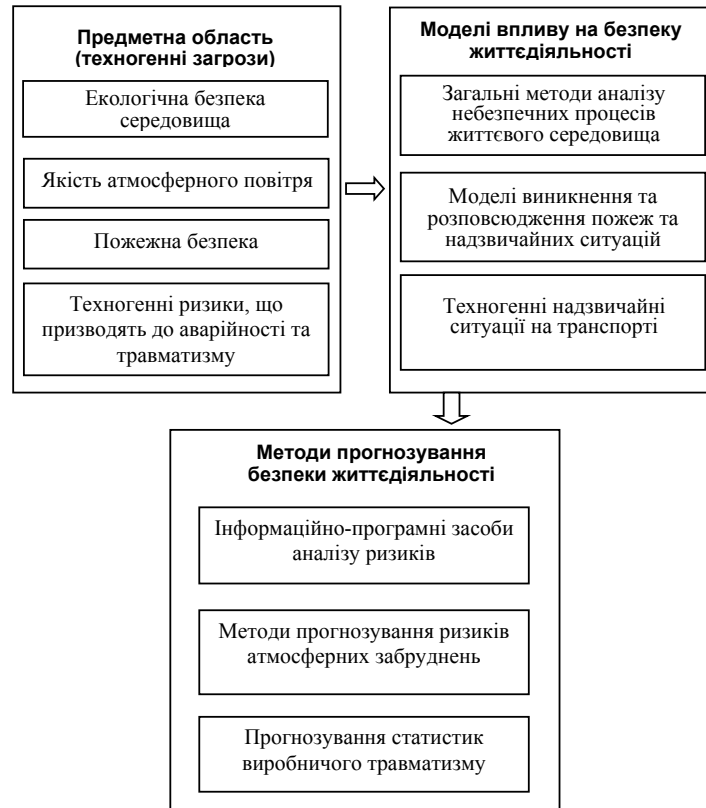


Рис. 8. Структурно-функціональна модель інформаційної технології техногенної безпеки життя людини

У висновках подані основні результати дисертаційного дослідження, що відображають методологічні основи формування інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини.

В додатках наведено акти впровадження результатів дисертаційного дослідження, список публікацій та інформацію про апробацію результатів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову задачу створення теоретичних та прикладних засад для реалізації інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини з врахуванням прогностичних оцінок кількісної міри ризику техногенних надзвичайних ситуацій.

У процесі дослідження отримано такі результати:

1. Аналіз стану екологічної безпеки в Україні показує, що висока якість життя людини неможлива без управління техногенним ризиком, інформаційної підтримки прийняття рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій. Для управління ризиком слід застосовувати моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, здійснювати аналіз факторів впливу на безпеку життя людини, рівнів загроз природного, техногенного та соціального середовища.
2. Проаналізовані умови та обставини виникнення подій (нешасних випадків, аварій і катастроф) на виробництві і транспорті. Показано, що головною небезпекою представляють всі види енергії техногенного походження. Розроблено метод розрахунку наслідків техногенного впливу на життєдіяльність людини з врахуванням факторів впливу на безпеку життя, імовірності умов та обставин виникнення несприятливих подій, що дозволяє оцінити потенційні втрати від настання цієї події та кількісні значення наслідків шляхом врахування імовірності несприятливої події та очікуваних втрат.
3. Для оцінювання негативних наслідків пов'язаних з впливом техногенних джерел забруднення міста, визначених на основі даних моніторингу, використано алгоритм оцінювання потенційного ризику у сфері впливу техногенних об'єктів, зокрема пожежного ризику – міри можливості реалізації пожежної небезпеки об'єкта захисту і її наслідків для людей і матеріальних цінностей, основними складовими є ймовірність виникнення небезпечних факторів впливу пожежі та розмір втрат. Компонентами для оцінювання пожежного ризику є виникнення пожежі, розвиток, гасіння та мінімізація впливу небезпечних чинників пожеж.
4. Показана ефективність використання в причинно-наслідковому моделюванні небезпечних процесів семантичних моделей, що дозволяє

- побудувати деревовидні семантичні моделі процесів виникнення подій і заподіяння ними шкоди людським, матеріальним і природним ресурсам. Докладно розроблені методи і структури системи моніторингу стану атмосферного повітря.
5. Розроблено метод прогнозування кількості випадків виробничого та невиробничого травматизму в Україні на основі однофакторної моделі прогнозування, яка дає можливість прогнозувати довготривалі зміни; Показано, що тренд до зростання невиробничого травматизму у період 2016-2017 р. став меншим за період 2015-2016 р. Проте після значного падіння кількості випадків травматизму у 2018 р., цей тренд, який характеризується стійкістю росту, вимагає застосування додаткових профілактичних дій. Отримана похибка прогнозу складає не більше 6%, а відносний ріст загальної кількості випадків невиробничого травматизму прогнозується не вище 2,9%.
 6. Запропоновано використати модифікований комбінований підхід для опрацювання і аналізу статистик виробничого травматизму, як часового ряду зі сплесками нестабільності або нестійкості явища травматизму. Розроблений метод дозволяє прогнозувати зміни виробничого травматизму в режимі реального часу. Показано, що даний метод шляхом поєднання вейвлет та фрактального аналізу статистики дозволяє виявити латентні знання, зокрема виявити найбільш ризик-небезпечні групи, часовий період, людей, віковий контингент тощо. Вказані методи зручно використовувати при вирішенні практичних задач як індикатори досліджуваних станів або тенденцій до їх зміни, причому поєднання вейвлет та фрактального аналізу дозволяє будувати прогностичне оцінювання травматизму з виділенням домінуючих факторів.
 7. Розроблено структурно-функціональну модель інформаційної технології техногенної безпеки життя людини, яка враховує кількісну міру техногенних загроз, моделі впливу на безпеку рівнів загроз природного і техногенного середовища та дає можливість прогнозувати оцінки безпеки на будь-яких частотно-часових інтервалах, на підставі методів і моделей оцінювання ризику та безпеки життєдіяльності людини.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Пелешко Д.Д., Винокурова О.А., Рак Т.С., Ізонін І.В., Пелешко М.З., **Михайлюк С.М.** До питання про прискорений вибір значення коефіцієнта кросинговера в задачах передискретизації зображень // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2017. – № 864: Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – С. 151–156.

2. **Михайлюк С.М.** Оцінювання ризику пожежних ситуацій в Україні // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.85. – К.: 2018. – С. 187–192.
3. Рак Т.Є., **Михайлюк С.М.** Ризики та показники надзвичайних техногенних ситуацій сучасного суспільства // Наукові записки УАД. Вип. № 2 (57). – Львів, УАД, 2018. – С. 82–89. (Index Copernicus)
4. **Михайлюк С.М.** Вплив на безпеку життєдіяльності людини техногенних надзвичайних ситуацій // Комп'ютерні технології друкарства. Зб. наук. пр. – № 1 (41). – Львів: УАД. – 2019. – 124 с. – С.116–124. (Index Copernicus)
5. Рак Т.Є., **Михайлюк С.М.** Інтелектуальна інформаційна технологія оцінки техногенної та пожежної безпеки // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: зб. міжнар. наук. конф., 22–26 травня 2017 р., Залізний порт. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2017. – С. 214–215.
6. Peleshko D., Vynokurova O., Izonin I., Peleshko M., **Mykhailiuk S.** Methodology for Accelerated Searching a Crossover Coefficient in Images Synthesis Tasks // CADSM' 2017 : proceeding of 14th International conference “The experience of designing and application of CAD systems in microelectronics”, Polyana, Svalyava, (Zakarpattia), Ukraine, February 21–25, 2017. – 143–148 pp. (Scopus)
7. Рак Т., **Михайлюк С.**, Пелешко М. Методика дослідження статистики виробничого травматизму // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: зб. міжнар. наук. конф., 21–25 травня 2019 р., Залізний порт. – Херсон: Видавництво ПП Вишемирський В.С., 2019. – С. 154–156.

АНОТАЦІЯ

Михайлюк С.М. Інформаційна технологія оцінки техногенної безпеки життя людини. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології (12 – інформаційні технології). – Українська академія друкарства, Львів, 2020.

Дисертаційна робота присвячена створенню теоретичних та прикладних засад для реалізації інформаційної технології оцінювання техногенної безпеки життя людини з врахуванням прогностичних оцінок кількісної міри ризику техногенних надзвичайних ситуацій. Для управління якістю життя слід застосовувати моніторинг стану природного середовища та об'єктів техносфери, здійснювати аналіз факторів впливу на безпеку, рівнів загроз природного та техногенного середовища. Розроблено метод розрахунку наслідків техногенного впливу на життєдіяльність людини з врахуванням факторів впливу, імовірності умов та обставин виникнення несприятливих

подій і її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Докладно розроблені методи і структури системи моніторингу стану атмосферного повітря.

Для опрацювання і аналізу статистик виробничого травматизму як нестационарного часового ряду використано модифікований комбінований підхід. Вибір інформативних параметрів формалізовано за допомогою методів виявлення латентних знань шляхом поєднання вейвлет та фрактального аналізу. Розроблені методи зручно використовувати при вирішенні практичних задач як індикатори досліджуваних станів або тенденцій до їх зміни, причому поєднання вейвлет та фрактального аналізу дозволяє будувати прогностичні оцінки травматизму з виділенням домінуючих факторів в режимі реального часу.

Розроблено структурно-функціональну модель інформаційної технології техногенної безпеки життя людини, яка враховує кількісну міру та моделі впливу і дає можливість прогнозувати оцінки безпеки життєдіяльності людини.

Ключові слова: інформаційна технологія, техногенна безпека, методи моніторингу, моделі прогнозування, техногенний вплив, життєдіяльність людини, аналіз статистик, виробничий травматизм, невиробничий травматизм.

АННОТАЦІЯ

Михайлюк С.Н. Информационная технология оценки техногенной безопасности жизни человека. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 05.13.06 – информационные технологии (12 – информационные технологии). – Украинская академия печати, Львов, 2020.

Диссертационная работа посвящена созданию теоретических и прикладных основ для реализации информационной технологии оценки техногенной безопасности жизни человека с учетом прогностических оценок количественной меры риска техногенных чрезвычайных ситуаций. Для управления качеством жизни следует применять мониторинг состояния природной среды и объектов техносферы, осуществлять анализ факторов влияния на безопасность, уровней угроз природной и техногенной среды. Разработан метод расчета последствий техногенного воздействия на жизнедеятельность человека с учетом факторов влияния, вероятности условий и обстоятельств возникновения неблагоприятных событий и их последствий для людей и материальных ценностей. Подробно разработаны методы и структуры системы мониторинга состояния атмосферного воздуха.

Для обработки и анализа статистик производственного травматизма как нестационарного временного ряда использовано модифицированный комбинированный подход. Выбор информативных параметров формализован

с помощью методов выявления латентных знаний путем объединения вейвлет и фрактального анализа. Разработанные методы удобно использовать при решении практических задач как индикаторы исследуемых состояний или тенденций к их изменению, причем сочетание вейвлет и фрактального анализа позволяет строить прогностические оценки травматизма с выделением доминирующих факторов в режиме реального времени.

Разработана структурно-функциональную модель информационной техногенной безопасности жизни человека, которая учитывает количественную меру и модели влияния и дает возможность прогнозировать оценки безопасности жизнедеятельности человека.

Ключевые слова: информационная технология, техногенная безопасность, методы мониторинга, модели прогнозирования, техногенное воздействие, жизнедеятельность человека, анализ статистик, производственный травматизм, непроизводственный травматизм.

ABSTRACT

Mikhailuk S.M. Information technology assessment of technogenic safety of human life. – Qualifying scientific work as a manuscript.

A thesis for obtaining the candidate degree in engineering (Doctor of Philosophy), specialty 05.13.06 – Information Technology (12 – Information Technology) – Ukrainian Academy of Printing, Lviv, 2020.

The thesis is devoted to creation of theoretical and applied bases for realization of information technology of estimation of technogenic safety of human life taking into account prognostic estimations of quantitative measure of risk of technogenic emergencies. It is also noted that the current state of environmental safety in Ukraine does not meet European standards, in particular, there are extremely high levels of air pollution in industrial areas, caused by significant anthropogenic pollution on the environment. Quality of life management should be monitored for the state of the environment and technosphere objects, and for the analysis of factors affecting safety, levels of threats to the natural and man-made environment. The conditions and circumstances of occurrence of accidents and catastrophes in industry and transport are analyzed. It is shown that all types of energy of anthropogenic origin represent the main danger. On this basis, a statistical method for calculating the effects of anthropogenic impact on human life has been developed, taking into account the factors of influence, the likelihood of conditions and circumstances of occurrence of adverse events and their consequences for people and material values by taking into account the probability of an adverse event and expected losses. The statistical approach allows us to summarize information about a large body of data and to synthesize a holistic image – an ecological map of technogenic pressure in a city or region.

Methods for solving the problems of technogenic emergencies related to environmental pollution are considered. The methods and structures of the atmospheric air monitoring system have been elaborated, and the quantitative assessment of the environmental risk associated with atmospheric air pollution has been defined as the likelihood of a potential hazard.

The one-factor trend forecasting model was used for long-term prediction of the level of injury in Ukraine. The trend for growth in 2017-2018 was found to be smaller than in 2015-2016. However, after a significant fall in the number of injury cases in 2017, this trend, characterized by robust growth, requires additional preventive action. Similarly analyzed occupational injuries by industry.

A modified combined approach was used to compile and analyze occupational injury statistics as a non-stationary time series. The choice of informative parameters is formalized by methods of latent knowledge discovery through a combination of wavelet and fractal analysis. The developed methods are convenient to use when solving practical problems as indicators of the studied states or tendencies to change them, and the combination of wavelet and fractal analysis allows to make prognostic assessments of trauma with the allocation of dominant factors in real time.

A structural and functional model of information technology of technogenic safety of human life has been developed. The model takes into account the quantitative measure and models of influence and enables to predict the estimates of human life safety.

Keywords: information technology, technogenic safety, monitoring methods, forecasting models, man-caused impact, human vital activity, analysis of statistics, occupational injuries, non-industrial injuries.