



УДК 004.77.031:91:[699.841:534.647]

РОЗРОБКА ГЕОГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СЕЙСМОАКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ СПОРУД. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.

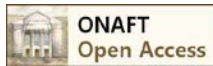
Попков Д.М.

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

E-mail: popkovdn@ukr.net

Copyright © 2021 by author and the journal “Automation of technological and business – processes”.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

DOI: 10.15673/atbp.v14i1.2277

Анотація. Наукове дослідження полягає в підвищенні ефективності моніторингу та аналізу сейсмічної активності багатопверхових будинків, завдяки автоматизації даного процесу. Система, яка проєктується складається з бази даних та веб-додатку, що в сукупності дозволяють досягнути поставленої мети. Отримані результати можуть бути використанні інженерами-сейсмологами під час будівництва та експлуатації багатопверхових будинків. Данна робота є першою частиною результатів дослідження, а саме теоретичним підґрунтям. У роботі розглянуто, не лише методологію розробки географічної інформаційної системи моніторингу сейсмічної активності будівельних споруд, а й зацентровано увагу на історичних районах. Історичні райони дуже вразливі до природних небезпек, включаючи землетруси, які можуть завдати серйозної шкоди, якщо не повного руйнування. У роботі пропонуються методи, які можуть бути реалізовані через географічну інформаційну систему для оцінки фізичних пошкоджень, спричинених землетрусом, та результатів впливу на функції та моніторингу їх стійкості. Переходячи до постійного моніторингу стійкості, пропонується метод оцінки, заснований на індексах, щоб кількісно визначити, як функції НА відновлюються з часом. З метою прискорення використання географічної інформаційної системи (ГІС) у галузі досліджень інженерних землетрусів ефективність ГІС демонструється за допомогою оригінально розроблених систем і додатків. Таку складну проблему, як запобігання землетрусу, можна вирішити шляхом накопичення та синтезу знань і даних у візуалізованому інтерактивному середовищі ГІС. Спочатку проведено об'єктно-орієнтований аналіз технічної задачі землетрусу та викреслено сутність проблеми за допомогою методики об'єктно-орієнтованого моделювання. На основі цього аналізу концептуальний проєкт загальної системи був уніфікований таким чином, що в кожному системі вбудована спільна структура методу та даних.

Abstract. Research is to improve the efficiency of monitoring and analysis of seismic activity of multi-storey buildings, by automating this process. The system being designed consists of a database and a web application, which together allow you to achieve this goal. The obtained results can be used by seismological engineers during the construction and operation of multi-storey buildings. This work is the first part of the research results, namely the theoretical basis. The paper considers not only the methodology of developing a geographic information system for monitoring the seismic activity of buildings, but also focuses on historical areas. Historic areas are very vulnerable to natural hazards, including earthquakes, which can cause serious damage if not complete destruction. The paper proposes methods that can be implemented through a geographic information system to assess the physical damage caused by the earthquake and the results of the impact on the functions and monitoring their stability. Turning to continuous sustainability monitoring, an index-based assessment method is proposed to quantify how NA functions recover over time. In order to accelerate the use of Geographic Information System (GIS) in the field of engineering earthquake research, the effectiveness of GIS is demonstrated through originally developed systems and applications. Such a complex problem as earthquake prevention can be solved by accumulating and synthesizing knowledge and data in a visualized interactive GIS environment. First, an object-oriented analysis of the technical problem of the earthquake was carried out and the essence of the problem was erased using the method of object-oriented modeling. Based on this analysis, the conceptual design of the overall system was unified in such a way that each system has a built-in common structure of method and data.



Ключові слова: Моніторинг, сейсмологія, землетрус, магнітуда, сейсмічна активність, сейсмологічні спостереження, локальна мережа, сейсмологічна апаратура, частотна характеристика сейсмічного каналу, тектонічні розломи, інформаційні технології, бази даних, веб-додаток.

Key words: Monitoring, seismology, earthquake, magnitude, seismic, seismological observation LAN, seismological instrumentation, channel frequency, response of seismic, tectonic faults, information technology, database, web application.

Вступ

Мета й завдання розробки — система моніторингу сейсмоактивності будівельних споруд, яка допоможе більш якісно проводити спостереження за новобудовами та аварійними будинками

Об'єкт дослідження – землетруси, пов'язані з сучасною активністю тектонічних структур платформної частини території України

Предмет дослідження – геолого-геофізичні дані які потребують обробки.

Негативні соціальні наслідки та збитки від природних катастроф, в тому числі від землетрусів і супроводжуваних їх небезпечних вторинних явищ, можна істотно зменшити при належній підготовці до них. Результати проведення моніторингу сейсмічності областей України використовуються для вирішення важливих фундаментальних завдань вивчення геодинаміки, тектоніки, сейсмічної небезпеки населених пунктів, будівель, споруд, екологічно і техногенно небезпечних об'єктів, а також для вирішення прикладних завдань із забезпечення безпеки населення і економіки країни.

З огляду на високий рівень потенційної сейсмічної небезпеки території південних областей України, розвиток в них досить густої мережі сейсмологічних і інженерно-сейсмологічних станцій є першочерговим завданням, необхідної для вирішення проблеми щодо дешевої, але високоефективної, сейсмічного захисту населення, екологічно небезпечних і економічно важливих об'єктів.

Інформаційні технології дозволяють набагато швидше проаналізувати результати здійснюваного моніторингу сейсмічності південно-західних областей України і суміжних територій, визначити шляхи подальшого розвитку спостережної мережі сейсмологічних і інженерно-сейсмологічних станцій як найважливіших складових моніторингу сейсмічності, що надають надійні емпіричні матеріали для вирішення не тільки задач сейсмічного захисту, а й важливих фундаментальних завдань геодинаміки і тектоніки.

Питання моніторингу та аналізу сейсмічної активності багатоповерхових будинків є одним із актуальних і потребує нових, сучасних програмних розробок. Цілком очевидно, що, використовуючи лише стандартні, механічні способи, розв'язати це завдання неможливо та неефективно. Тому нині виникла необхідність реорганізації процесу моніторингу у процесі будівництва й подальшої експлуатації на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій.

Теоретична частина

В Україні, за даними Інституту геофізики Національної академії наук, сейсмічна небезпека найближчим часом може загостритись. Проте для попередження сейсмічної катастрофи необхідно регулярно перевіряти відповідність проектних значень сейсмічної активності з дійсними значеннями коливань земної поверхні та проводити динамічне тестування.

На Закарпатті магнітуда катастрофи може досягати 8 балів. Найбільш небезпечними ділянками нашої країни зараз вважаються район Зони Вранча – Карпатські гори – і захід Одеської області

У зону 6 балів потрапляють наступні міста та стратегічно важливі об'єкти: Чернівці, Одеса, Миколаїв, Запоріжжя та Южноукраїнська і Запорізька АЕС. При 6 балах картини падають зі стін, відколюються шматки штукатурки, можливе легке ушкодження будинків.

В зону 5 балів потраплять: Херсон, Дніпро, Кривий Ріг, Полтава, Черкаси, Вінниця, Житомир, Хмельницький, Івано-Франківськ, Тернопіль, Львів, Київ та Київська область. При 5-ти бальному землетрусі спостерігається тріщини в стінах та штукатурці.

У зоні 4 балів опиняться: Ужгород, Луцьк, Рівне, Чернігів, Суми, Харків, Луганськ, Донецьк, Сімферополь та Севастополь. 4-ох бальний землетрус відчувається людьми тільки у приміщеннях, але не спричиняє руйнувань [3].

При будівництві будівель завдання забезпечення конструктивної безпеки набувають особливо високий пріоритет. Одним з нових елементів забезпечення безпеки будівель і споруд є розробка і впровадження автоматизованих систем моніторингу технічного стану будівельних конструкцій. Моніторинг будівель і споруд - тривалий за часом спостереження за зсувами однієї або декількох будівель за допомогою комплексу досліджень, інженерних та геологічних методів при будівництві в обмежених умовах міської забудови. Відповідно до ДБН В.1.2-14-2009 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» об'єкти класу наслідків (відповідальності) ССЗ, руйнування яких може призвести до катастрофічних наслідків, необхідно обладнати автоматизованими системами моніторингу і управління (АСМУ). До складу АСМУ повинна входити система технічної діагностики будівельних конструкцій, яка містить захищені від ушкоджень:



- первинні прилади для отримання інформації щодо зміни положення (переміщення) і стану (деформація, температура і т.д.) об'єкта спостереження;
- вторинні прилади для обробки отриманої інформації (наприклад, комп'ютерна система аналізу стану об'єкта, яка містить контрольні нормативи і правила прийняття рішень)
- сигнальні пристрої;
- лінії зв'язку між приладами і пристроями.

Сучасні інформаційні технології визначаються як безперервні процеси обробки, зберігання, передачі та відображення інформації, спрямовані на ефективне використання інформаційних ресурсів, засобів обчислювальної техніки і передачі даних при управлінні системами різного класу. Інформаційні технології впливають на всі напрямки які вивчаються сейсмологією, істотно збільшуючи ступінь автоматизації, що дозволяє прискорити вивчення даної предметної області. Комп'ютерне моделювання поширення сейсмічних хвиль дозволяє вивчати структуру і динаміку Землі з безпрецедентною точністю. За кілька хвилин комп'ютер робить стільки обчислень, скільки б людині довелося робити протягом більш ста мільйонів років. Також інформаційні технології підвищують якість і ефективність наукових досліджень за допомогою обчислювальних експериментів, що дозволяють вивчати поведінку складних систем, які важко, надто дорого або просто небезпечно змоделювати фізично [1].

Основні завдання які виконує ІТ:

- Передача інформації на будь-яку відстань в обмежений час.
- Гнучкість процесу зміни даних і постановки завдання
- Можливість зберігання великих обсягів інформації на машинних носіях.
- Скорочення термінів розробки, трудомісткості і вартості науково-дослідних робіт.

У світі розвиваються сейсмічні системи різних масштабів. Наприклад, Консорціумом Дослідницьких Інститутів в області Сейсмології було розроблено найбільшу систему сейсмологічного моніторингу в світі – GSN. Це мережа, яка активно взаємодіє з більшістю міжнародних і національних сейсмологічних систем. Ця сучасна мережа сейсмологічних спостережень використовує новітні інформаційні технології. Одним з її основних досягнень є стандартизація даних і результатів досліджень. Десятки розрізних систем збору і зберігання даних можуть інтегруватися в єдину міжнародну сейсмологічну комп'ютерну систему, використовуючи їх опрацьовану систему стандартів і форматів [3].

Наступним кроком в розвитку інформаційних технологій в даній предметній області було створення і введення в експлуатацію сейсмологічної системи SeisComP в Німеччині. Вона стала першою дійсно автоматичною системою збору і зберігання сейсмологічної інформації, що охопила всю територію Європи.

Нині інформаційний програмний засіб став потужним фактором інтенсифікації та поглиблення досліджень сейсмології, на відміну від механічного збору, обробки та аналізу інформації, що не дає швидких та точних результатів. Адже, завдяки вдосконаленню та впровадженню таких систем, як GSN та SeisComP з'являються нові дані, доступні в режимі реального часу, що сприяють швидкому розвитку сейсмології, надають можливість завчасно попереджати про надзвичайні ситуації та допомагають інженерам при будівництві.

ГІС використовується для запобігання землетрусу понад 20 років. Дослідження в Америці та Японії встановили, що розроблена цими двома країнами система повсюдно застосовується в цивільних районах [5]. Китай пізно почав працювати в цій галузі, але також зафіксував великий успіх; Системи управління інформацією на основі ГІС для запобігання міських землетрусів були створені послідовно в Юньнані, Ланфані та Хефей.

Однак застосування ГІС для запобігання землетрусу в Китаї більше зосередилося на управлінні та отриманні основних даних і результатів досліджень [5], які не можуть задовольнити зростаючу потребу в оцінці та відображенні збитків. Крім того, прогнозування сейсмічної небезпеки включає дослідження та розрахунок різноманітних конструктивних характеристик і параметрів будівель на великій території. Це не лише генерує велику кількість розслідування та аналізу на місці, але й вимагає професійної підготовки учасників.

На основі вищезгаданого та попередніх досліджень була розроблена система прогнозування сейсмічної небезпеки для планування попередження землетрусів у місті на основі ArcGIS. З огляду на практичну потребу в плануванні міських землетрусів, система використовує збір даних і процедуру обробки для прогнозування сейсмічної небезпеки будівлі, щоб мінімізувати людське втручання і зробити його більш застосовним. При цьому система реалізує візуальне управління прогнозуванням міської сейсмічної небезпеки, допоміжним плануванням запобігання катастрофам та прийняттям рішень у аварійно-рятувальних ситуаціях. Нарешті, в якості тестової зони в цьому дослідженні була обрана вулиця Вейфан у Новому районі Пудун, Шанхай. Порівняно з результатами попередніх досліджень, результати цього дослідження по суті такі ж і навіть трохи кращі, що підкреслює надійність методу аналізу, реалізованого в цій системі.

При вивченні сейсмології використовуються величезні масиви даних. Сейсмологія дає можливість вирішувати такі завдання: прогноз землетрусів, вибір методу і стратегії пошуку родовищ корисних копалин і т.д. Обробка геолого-геофізичних даних є важливим етапом аналізу експериментальних даних. У процесі геофізичних досліджень зазвичай збирається величезна кількість різноманітної інформації, яка може бути представлена у вигляді тексту, графіків, таблиць, карт і т.д.



Людський фактор впливає на достовірність, своєчасність і повноту обробленої інформації. При тривалому монотонному введенні даних, в процесі стомлення людина починає робити помилки, пропускати дані, переставляти їх місцями.

При виконанні перевірки даних, з метою пошуку помилок у вихідних даних, та обробка даних для виправлення і коригування знайдених помилок. Було виявлено, що більшість виявлених помилок виникли в результаті людського фактору.

З цієї причини стає дуже актуальним застосування баз даних для систематизації, упорядкування, зберігання та аналізу великого обсягу геофізичної інформації.[2]

Систематизація даних - процедура об'єднання, зведення груп однорідних за якимись ознаками одиниць до певного вигляду у функціональних цілях на основі існуючих між ними зв'язків із зовнішнім світом та являється важливим етапом роботи. Він припускає організацію даних у вигляді, зручному для роботи, зберігання і подальшого звернення до неї. На практиці, зазвичай, малий час приділяється підготовці і систематизації даних, у той час як підготовка є важливим кроком для працездатності. Неправильна підготовка даних може зробити аналіз складним і неможливим. У тому випадку, коли доводиться працювати з величезними масивами даних, підготовка даних стає самостійною задачею, яка може займати значну частину часу і зусиль.

Інформаційні технології дозволяють систематизувати наявну геолого-геофізичну інформацію і на підставі існуючих даних виявити наявність взаємозв'язків між досліджуваними параметрами.

Коли інформації стає дуже багато з нею складно працювати, навіть якщо вона добре систематизована. Набагато важче знайти потрібне і виділити головне, побачити взаємозв'язки і тенденції, а приймаючи рішення, вже неможливо врахувати кожен факт. У цей момент впоратись з проблемою допомагає візуалізація даних. Сучасні засоби візуалізації даних володіють високим функціоналом і швидко еволюціонують з звичайних інструментів звітності до систем підтримки прийняття рішень. Це дозволяє оперативно аналізувати в режимі реального часу великі обсяги даних з можливістю їх глибокого опрацювання, а також готувати структуровану звітність в наочному вигляді. Завдяки засобам візуалізації користувачам зручніше і простіше розбиратися в тому, що відбувається: знаходити необхідні відомості, кореляції і залежності, робити висновки, переконливо доносити свої аргументи та ідеї і приймати продумані рішення.

При розгляді візуальних зображень людина бачить не просто групу окремих, незв'язаних крапок і ліній, він бачить добре організовані групи об'єктів. З метою точного визначення конкретних величин необхідне включення числових позначень або тексту в зображення. В рамках візуалізації даних застосовуються стандартні методи візуалізації кількісних показників в схематичній формі (кругові діаграми, діаграми з областями, лінійні графіки). Подібні методи є універсальними і застосовуються для представлення даних, їх систематизації, порівняння та орієнтована на аналіз проблем, ідей, планів, концепцій.

Інформаційні технології дають можливості для візуалізації та інтерактивного аналізу сейсмічних даних. Розроблено програмні продукти, які дають можливості для показу зон субдукції, виділення об'ємних зон землетрусів з типовими тектонічними характеристиками, кордонів тектонічних плит. Так само є функції для візуалізації даних сейсмотомографії з тестуванням групи вулканів за допомогою об'ємного рендерінгу. Відображення різних видів сейсмічних даних в єдиному контексті на базі глобуса дозволяє аналізувати залежності між даними [3].

Враховуючи не лише географічні особливості розташування регіонів України, варто також зауважити і історичне підґрунтя та важливість збереження історичних районів (ІР) для світової спадщини.

Географічні інформаційні системи (ГІС) можна використовувати для інформування та підтримки складних і міждисциплінарних процесів прийняття рішень, необхідних для підвищення стійкості (ІР), забезпечуючи середовище, де знання та інформація можуть легко обмінюватися та отримувати доступ, таким чином забезпечуючи взаємодію між різними групами та сприяння міждисциплінарним підходам[4].

Оцінка спричинених сейсмічним впливом фізичних пошкоджень забудованому середовищу є першим кроком до оцінки індукованих впливів на ІР та моніторингу стійкості. Збитки, спричинені землетрусом, можна оцінити шляхом комплексної оцінки небезпек, які потенційно можуть вплинути на місце розташування, відкритих елементів у постраждалому місці та вразливості відкритих елементів для кожної конкретної небезпеки.

Робочий процес можна звести до трьох основних кроків:

1. Характеристика конкретної події землетрусу, що аналізується: тобто розташування гіпоцентру та характеристики сейсмогенного джерела (тобто розташування та характеристики розломів або систем розломів), яке спричинило землетрус (для історичної події) або яке може спричинити землетрус (для сценаріїв, визначених користувачем): величина енергії, яка була вивільнена (для реальної події) або яка потенційно може бути вивільнена (для визначених користувачем подій);

2. Характеристика конкретних місцевих умов, які можуть призвести до посилення, тобто до збільшення розміру руху ґрунту;

3. Вибір і реалізація рівняння прогнозування руху ґрунту (з англ. GMPE), тобто співвідношення загасання, що описує, як рух землі землетрусу зменшується зі збільшенням відстані між джерелом землетрусу та досліджуваним місцем з урахуванням можливого посилення через поширення землі властивості.

При визначенні характеристики конкретних геолого-геоморфологічних умов досліджуваної території, з врахуванням вищезазначених кроків, можна стверджувати, що бази геоданих, дозволяють повідомляють результати



досліджень сейсмічного мікрорайонування, надають просторову інформацію про місцеві ефекти, пов'язані з геолого-геотехнічними умовами на рух ґрунту та гідрогеологію. небезпеки (зсуви та повені) вбудовані в базу геоданих. Щоб оцінити вразливість будівель у сукупному контексті, спочатку необхідно чітко визначити кожну окрему структурну одиницю в більшому, агрегованому контексті за допомогою ГІС-карти, що представляє сукупний план будівлі, і за допомогою вигляду спереду будівельний агрегат.

Після оцінки фізичної шкоди, завданої вбудованому середовищу ІР, потенційний вплив на соціальний та економічний виміри ІР можна оцінити, починаючи з оцінки «часу простою» основних послуг/діяльностей, тобто часу, протягом якого послуги а дії, які вважаються важливими для функціонування та процвітання ІР, не діють або недоступні для використання. На додаток до послуг, які зазвичай вважаються важливими для функціонування міських територій (таких як критична інфраструктура, системи охорони здоров'я, школи, серед інших), функціональність послуг і заходів, які сприяють соціальній згуртованості та формуванню ідентичності, визначена разом із місцевою виробничою та комерційною діяльністю та ремісничою діяльністю, які вважаються важливими для ІР.

У інженерії землетрусів є два види дослідницьких точок зору. Один із них – макроскопічні дослідження щодо запобігання землетрусу в масштабах міста. Інша – мікроскопічні дослідження сейсмічної безпеки індивідуального будинку. У першому основною стає загальне уявлення про сейсмічні пошкодження у всьому місті. Тут важливими аспектами є наступні. Це (1) побудова бази даних величезних базових даних, (2) інтеграція знань у багатьох галузях, (3) баланс між точністю та швидкістю, (4) оцінка результатів із соціальної точки зору та (5) візуалізоване вираження зрозумілих результатів для офіцерів і громадян.

Для спеціалістів із запобігання стихійним лихам необхідна система, яка може впоратися з різними вимогами в процесі перед-, землетрусу та після землетрусу. ГІС, поєднується з вимірюваннями, комунікаціями та комп'ютерними технологіями, такими як сейсмостереження, портативний телефон і мобільний комп'ютер, а також наукою математичного планування, як-от штучний інтелект та об'єктно-орієнтований підхід. Завдяки цьому можна буде розробити систему оцінки сейсмічних збитків у реальному часі, систему збору інформації про збитки та систему підтримки відновлення та реконструкції. У такому разі ці системи можна буде використовувати як систему нагляду за навколишнім середовищем для щоденного використання. А тим часом для громадян розкриття точної інформації про ризики та безпеку стає важливим для підвищення їх свідомості щодо запобігання катастрофам. Стрімка популяризація Інтернету сприяє розкриттю інформації про місцеву владу та заповнює розрив між звичайним станом та станом, що виникає. Для того, щоб система була ефективною в надзвичайних ситуаціях, необхідно кон'югувати для щоденного використання.

З використанням об'єктно-орієнтованої концепції аналізується інженерно-землетрусна проблема. Об'єктно-орієнтована концепція виражає проблему за допомогою об'єктів. Об'єкт включає в себе як дані, так і поведінку, тому він дуже незалежний і відповідає речовинам. Крім того, можна проаналізувати зв'язок, спадкування та агрегацію між об'єктами. Тому він ефективний для аналізу складної задачі, наприклад, сейсмічної задачі, яка складається з різноманітних знань і даних. Тут автори намагаються прояснити спільну структуру систем, що становлять проблему землетрусу. Як правило, інженерна проблема землетрусу складається з таких підпроблем, як джерело, шлях, ґрунт, взаємодія ґрунт-структура та структура. Потім кожна підпроблема визначається системним об'єктом, який включає метод, дані та знання. Оскільки кожну підзадачу можна розкласти на більш елементарні підпроблеми, ми визначаємо всю систему як сукупність підсистем. Кожна підсистема також розкладається на елементарні підсистеми, які остаточно виражаються агрегацією елементів.

Ефективно поєднувати запобігання катастрофам з управлінням об'єктом або збереженням навколишнього середовища. Частому оновленню даних можна сприяти щоденному використанню на додаток до невідкладного використання. Тим не менш, цілі запобігання землетрусу лежать в межах різноманітності, і є деякі обмеження даних. Тому для цієї мети потрібна точна і негайна відповідність. При асейсмічній конструкції окремої будівлі інженери-конструктори можуть використовувати ГІС для прийняття рішення щодо планування конструкції та визначення сейсмічного навантаження. До речі, очікується, що додаток можна використовувати для досягнення консенсусу між дизайнером і клієнтом щодо продуктивності будівлі. Тут, для довільного будівельного майданчика, очікується збір даних для конкретного майданчика та оцінка сейсмічного руху ґрунту для проектування конструкції. При проектуванні висотних будинків або фундаментних ізольованих будинків динамічне сейсмічне навантаження оцінюється окремо на конкретному місці, так що оцінка сейсмічного руху ґрунту займає важливе місце в процесі проектування. У проектуванні на основі продуктивності, навіть для звичайних будівель, очікується, що проектувальники визначають сейсмічне навантаження для кожної будівлі відповідно до необхідної продуктивності та сейсмічності на місці. Однак у загальних інженерів-конструкторів складається враження, що оцінка сейсмічного руху ґрунту дуже складна, оскільки мислення про землетруси віддалено від їхньої повсякденної роботи. Тому скорочення дистанції має бути однією з важливих точок зору.

Висновки

ГІС є зручним інструментом, і реальна продуктивність системи залежить від основних даних і методів аналізу. Оскільки обмеження системи скоро настане, коли буде упереджено лише для ефективного використання наявних даних, то постійне отримання та підтримання основних даних стає найважливішим. Витончені судження необхідно при виборі методу аналізу, прийнятого в системі. Це важливо усвідомлювати, що прогрес інформаційної та



програмної інженерії та комбінації датчиків, У майбутньому очікується комунікаційне обладнання та мобільні комп'ютери.

Список використаних джерел

- [1]. Ганієв Олександр. Автоматизована система збору і зберігання сейсмологічних даних. – Київ: НАНУ, 2008. – 16 с.
- [2]. Андрущенко Юрій. Сучасна активність тектонічних структур платформної частини території України за даними мережі сейсмічних станцій головного центру спеціального контролю. – Київ: НАНУ, 2010. – 19 с.
- [3]. Кендзера О.В. Сейсмічна небезпека і сейсмічний захист в Україні. – Київ: НАНУ, 2015. – 110 с.
- [4]. Giovinazzi, S.; Marchili, C.; Di Pietro, A.; Giordano, L.; Costanzo, A.; La Porta, L.; Pollino, M.; Rosato, V.; Lückerath, D.; Milde, K.; et al. Assessing Earthquake Impacts and Monitoring Resilience of Historic Areas: Methods for GIS Tools. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2021, 10, 461. <https://doi.org/10.3390/ijgi10070461>
- [5]. Zhai, Y.; Chen, S.; Ouyang, Q. GIS-Based Seismic Hazard Prediction System for Urban Earthquake Disaster Prevention Planning. *Sustainability* 2019, 11, 2620. <https://doi.org/10.3390/su11092620>

References

- [1]. Haniiev Oleksandr. Avtomatyzovana systema zboru i zberihannia seismolohichnykh danykh. – Kyiv: NANU, 2008. – 16 s.
- [2]. Andrushchenko Yurii. Suchasna aktyvnist tektonichnykh struktur platformnoi chastyny terytorii Ukrainy za danymy merezhi seismichnykh stantsii holovnoho tsentru spetsialnoho kontroliu. – Kyiv: NANU, 2010. – 19 s.
- [3]. Kendzera O.V. Seismichna nebezpeka i seismichniy zakhyst v Ukraini. – Kyiv: NANU, 2015. – 110 s.
- [4]. Giovinazzi, S.; Marchili, C.; Di Pietro, A.; Giordano, L.; Costanzo, A.; La Porta, L.; Pollino, M.; Rosato, V.; Lückerath, D.; Milde, K.; et al. Assessing Earthquake Impacts and Monitoring Resilience of Historic Areas: Methods for GIS Tools. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* 2021, 10, 461. <https://doi.org/10.3390/ijgi10070461>
- [5]. Zhai, Y.; Chen, S.; Ouyang, Q. GIS-Based Seismic Hazard Prediction System for Urban Earthquake Disaster Prevention Planning. *Sustainability* 2019, 11, 2620. <https://doi.org/10.3390/su11092620>

Отримана в редакції 01.02.2022. Прийнята до друку 23.02.2022. Received 01 February 2022. Approved 23 February 2022. Available in Internet 15 March 2022.

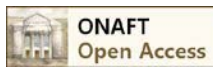
УДК 656.61.087

ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗАХОДІВ З ЗНЕЖКОДЖЕННЯ ВИБУХОВИХ ПРИСТРОЇВ

Сандлер А.К., Опришко М.О.

Національний університет "Одеська морська академія", м. Одеса, Україна
E-mail: albertsand4@gmail.com

Copyright © 2021 by author and the journal "Automation of technological and business – processes".
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: 10.15673/atbp.v14i1.2278

Анотація. Досвід застосування технічних засобів розмінування визначив, що існує певна невідповідність характеристик відомих типів засобів характеру та обсягам задач, які фактично вирішуються. Необхідність створення новітніх зразків технічного обладнання, в умовах часових та економічних обмежень, змушують здійснювати корегування військово-технічної політики, виходячи з врахування, насамперед, матеріальних передумов. В умовах випереджальної тенденції розвитку мінної зброї, спроби досягти паритету в розвитку засобів протидії мінної загрози неминуче ведуть до відставання. Альтернативою, у ситуації, що склалася, є принцип асиметричного розвитку комплексу знешкодження вибухових пристроїв, який полягає у застосуванні широкого спектру технічних засобів та об'єднанні їх у раціональному співвідношенні у єдину систему. В той же час, відсутня єдина методологія структурно-параметричного синтезу комплексу розмінування, складові частини якої були б адаптовані до протидії сучасних загрозам та викликам, що й обумовлює одну із ключових науково-прикладних проблем.