



*I. V. Kurta, A. E. Lagun, N. P. Kukharska*

*Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8663-2231> – I. V. Курта

<https://orcid.org/0000-0001-7856-9174> – A. E. Лагун

<https://orcid.org/0000-0002-0896-8361> – N. P. Кухарська

✉ [iryna.kurta.knm.2018@lpnu.ua](mailto:iryna.kurta.knm.2018@lpnu.ua)

## ПРОГНОЗУВАННЯ ВПЛИВІВ ВІД НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ АЛГОРИТМІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

**Проблема.** Останнім часом досить часто звучить інформація про різноманітні небезпечні явища природного характеру на нашій планеті. Це є часто повторювані землетруси (Туреччина), пожежі, пов'язані з глобальним потеплінням та впливом людей на природу, повені та інші природні катаклізми. Проблеми впливу надзвичайних ситуацій на життя людей потрібно вивчати і аналізувати, щоб спробувати прогнозувати негативні впливи від них. На основі проведених досліджень потрібно розробляти заходи щодо пристосованості до надзвичайних ситуацій, а саме зменшення можливих людських та матеріальних втрат.

Оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій дозволяє спланувати та здійснити запобіжні заходи при виникненні надзвичайних ситуацій, зокрема використати необхідні засоби та ресурси для зменшення втрат під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

**Мета.** На основі аналізу існуючих надзвичайних ситуацій та їх негативного впливу потрібно розробити інформаційну систему прогнозування їх впливів для зменшення наслідків катастроф і реалізації на основі цього ефективних заходів реагування на надзвичайні ситуації природного характеру. Хоча багато надзвичайних ситуацій часто бувають непередбачуваними, використання автоматизованих програмних систем для прогнозування та передбачення природних аномалій дають змогу зменшити негативний вплив.

**Результати дослідження.** В статті проведено аналіз надзвичайних ситуацій техногенного, природного та соціального характеру, здійснено оцінку загроз через вплив коронавірусної інфекції, пожеж, катастроф на транспорті та інших. Оскільки точної інформації про надзвичайні ситуації під час війни в Україні не існує, то здійснювався аналіз надзвичайних ситуацій для здійснення прогнозування в 2020-2021 роках. Для оцінки ризику негативного впливу від надзвичайних ситуацій враховувалися фактори безпеки у певному місці, соціально-економічні фактори і вразливості з визначенням коефіцієнта шкоди. Для оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру в регіонах України використано алгоритми нечіткої логіки. Розроблено інформаційну систему для прогнозування впливів від надзвичайних ситуацій природного характеру, яка має вигляд web-сайту. Вихідним параметром інформаційної моделі є рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру. Вхідними параметрами моделі для оцінювання і передбачення рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру вибрано геологічну (Geological), метеорологічну (Meteorological), гідрологічну (Hydrological) та біологічну (Biological) безпеки. Для отриманих параметрів аналізу за вибрані роки отримано середнє значення рівня ризику.

**Висновки.** Системи з нечіткою логікою застосовують, якщо експертні знання про об'єкт чи процес можна сформулювати тільки у лінгвістичній формі і немає простої математичної моделі. В результаті верифікації розробленої системи нечіткої логіки було використано різні вхідні та вихідні дані в процесах моделювання для процедур фазифікації, агрегування, активізації, акумуляції, дефазифікації. Встановлено, що система працює коректно, відповідно до встановлених вимог, а також до розробленої бази нечітких правил.

**Ключові слова:** інформаційна система, прогнозування, надзвичайна ситуація, природна аномалія, рівень ризику, нечітка логіка.

*I. V. Kurta, A. E. Lagun, N. P. Kukharska*  
*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

## FORECASTING IMPACTS FROM EMERGENCIES BASED ON FUZZY LOGIC ALGORITHMS

**Introduction.** Nowadays information about various dangerous natural phenomena on our planet is heard quite often. These are frequently recurring earthquakes (Turkey), fires associated with global warming and human impact on nature, floods and other natural disasters. The problems of the impact of emergencies on people's lives need to be studied and

analysed to predict their negative effects. Based on the conducted research, it is necessary to develop measures for adaptation to emergencies, namely the reduction of possible human and material losses.

Assessing the risk of emergencies allows you to plan and implement preventive measures in the event of emergencies, in particular, to use the necessary means and resources to reduce losses during the elimination of emergency consequences.

**Purpose.** Based on the analysis of existing emergencies and their negative impact, it is necessary to develop an information system for forecasting their effects to reduce the consequences of disasters and implement effective measures to respond to natural emergencies. Although many emergencies are often unpredictable, the use of automated software systems to forecast and predict natural anomalies can reduce the negative impact.

**Results.** The article analyses emergencies of a man-made, natural and social nature, and evaluates threats due to the impact of coronavirus infection, fires, transport disasters and others. Since there is no accurate information about emergencies during the war in Ukraine, an analysis of emergencies was carried out for forecasting in 2020-2021. To assess the risk of negative impact from emergencies were taken the factors of danger in a certain place, socio-economic factors and vulnerability into account with the determination of the damage coefficient. The assessment of the risk of natural emergencies in the regions of Ukraine uses algorithms of fuzzy logic. We have developed an information system for predicting the effects of natural emergencies, which has the appearance of a website. The output parameter of the information model is the level of risk of natural emergencies. The input parameters of the model for assessing and predicting the level of risk of natural emergencies are geological, meteorological, hydrological, and biological hazards. For the obtained parameters of the analysis for the selected years was calculated the average value of the risk level.

**Conclusions.** Fuzzy logic systems are used if expert knowledge about an object or process can only be formulated in a linguistic form and there is no simple mathematical model. As a result of the verification of the developed system of fuzzy logic, various input and output data were used in modelling processes for fuzzification, aggregation, activation, accumulation, and defuzzification procedures. It was established that the system works correctly, following the established requirements, as well as with the developed base of fuzzy rules.

**Keywords:** information system, forecasting, emergency, natural anomaly, risk level, fuzzy logic

## Вступ

Вплив надзвичайних ситуацій на життя людей завжди вивчали і аналізували різні організації у світі. Оскільки досить часто виникає ситуація, коли кількість надзвичайних випадків залишається майже незмінною, а кількість постраждалих в них зростає, то необхідно комплексно аналізувати загрози природній безпеці. На основі проведеного аналізу потрібно розробляти заходи із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, зменшення можливих людських та матеріальних втрат. В роботі проаналізовано та оцінено ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру в регіонах України, базуючись на алгоритмах нечіткої логіки.

Оцінка ризику виникнення надзвичайних ситуацій потрібна для визначення вразливих небезпечних місць, в яких планують та здійснюють запобіжні заходи щодо виникнення надзвичайних ситуацій, а також накопичують необхідні засоби та ресурси для зменшення втрат під час ліквідації надзвичайних ситуацій.

В сучасних умовах суспільного розвитку через виклики глобалізації, пандемію коронавірусної інфекції та інші чинники важливим є питання захисту від надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути в будь-який час і в будь-якому місці. Тому необхідно забезпечувати не лише ліквідацію наслідків таких ситуацій, а й ефективно запобігати їм шляхом використання оптимізаційних математичних алгоритмів.

Основною метою статті є аналіз існуючих надзвичайних ситуацій та створення системи їх прогнозування для пом'якшення наслідків катастроф і реалізація на основі цього

скоординованих ефективних заходів реагування на надзвичайні ситуації або інші кризи.

## Аналіз існуючих систем та методів екологічного моніторингу

Хоча багато надзвичайних ситуацій часто бувають непередбачуваними, все ж можна вжити певних заходів для запобігання та пом'якшення їх наслідків, посилення спроможності реагування. Варто зауважити, що засобами для запобігання надзвичайним ситуаціям є використання автоматизованих програмних систем для прогнозування та передбачення природних аномалій [1-3].

Упродовж 2021 року органами та формуваннями ДСНС забезпечено оперативне реагування на 124 класифіковані надзвичайні ситуації, які за масштабами розподілилися на: державного рівня – 3, регіонального – 5, місцевого – 53, об'єктового – 63. Внаслідок цих надзвичайних ситуацій загинуло 148 осіб (з них 16 дітей) та постраждало 545 осіб (з них 323 дитини) [4]. Також існує медико-біологічна надзвичайна ситуація державного рівня, спричинена коронавірусом SARS-CoV-2; за інформацією МОЗ України у 2021 році зареєстровано 2 млн 608 тис. 196 випадків захворювання людей на коронавірус COVID-19, з яких 77 тис. 409 – летальні.

Порівняно з 2020 роком, загальна кількість надзвичайних ситуацій у 2021 році дещо збільшилася (на 8 надзвичайних ситуацій або на 7 %), при цьому кількість надзвичайних ситуацій природного характеру збільшилася на 1,6 % (рис. 1). Одночасно, упродовж 2021 року спостерігалось зменшення кількості загиблих та постраждалих в надзвичайних ситуаціях на 12,9 % та 46,9 %.

Будь-які надзвичайні ситуації достатньо часто вважаються зовнішніми потрясіннями, проте ризик катастрофи є результатом складної взаємодії між процесами розвитку, які створюють умови впливу, вразливості та небезпеки. Саме тому ризик стихійного лиха розглядається як поєднання тяжкості та частоти небезпеки, кількості людей та активів, які піддаються небезпеці, їхньої вразливості до пошкодження. Розуміння ризику стихійного лиха вимагає від нас не лише враховувати небезпеку, вплив і вразливість, але й здатність суспільства захистити себе від катастроф. Здатність громад, суспільств і систем чинити опір,

поглинати, пристосовуватися, відновлюватися після катастроф, покращувати економіку створює вплив на ризик виникнення надзвичайної ситуації.

Для правильного оцінювання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій важливо знати ймовірність виникнення загроз. Наприклад, в один проміжок часу може виникнути два однакових стихійних лиха із різним впливом на соціально-економічну сферу досліджуваної території. Це може створювати проблеми при визначенні розміру впливу та сповіщення населення. Тому для прийняття рішень використовують карти з відображенням зони надзвичайної ситуації.

Вид НС	Кількість НС		Загибло людей		Постраждало людей	
	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.	2020 р.	2021 р.
<b>НС техногенного характеру</b>						
НС унаслідок аварій чи катастроф на транспорті	13	5	57	24	34	33
НС унаслідок пожеж, вибухів	26	28	66	88	27	31
НС унаслідок раптового руйнування будівель і споруд	4	3	0	0	0	11
НС унаслідок аварій у системах життєзабезпечення	4	17	0	0	0	0
<b>Всього НС техногенного характеру</b>	<b>47</b>	<b>53</b>	<b>123</b>	<b>112</b>	<b>61</b>	<b>75</b>
<b>НС природного характеру</b>						
Геологічні НС	0	1	0	0	0	0
Метеорологічні НС	12	10	0	2	10	8
Гідрологічні НС поверхневих вод	3	1	5	0	0	0
НС, пов'язані з пожежами у природних екологічних системах	13	3	16	0	854	0
Медико-біологічні НС	35	50	13	22	96	462
<b>Всього НС природного характеру</b>	<b>64</b>	<b>65</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>960</b>	<b>470</b>
<b>НС соціального характеру</b>						
Встановлення вибухового пристрою у багатолюдному місці, установі (організації, підприємстві), житловому секторі, транспорті	1	0	0	0	4	0
Збройний напад, захоплення й утримування установи правоохоронних органів або реальна загроза здійснення такої акції	0	2	0	0	0	0
НС, пов'язані з нещасними випадками з людьми	4	4	13	12	1	0
<b>Всього НС соціального характеру</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>0</b>
<b>Всього НС</b>	<b>116</b>	<b>124</b>	<b>170</b>	<b>148</b>	<b>1026</b>	<b>545</b>

Рисунок 1 – Статистичні дані щодо кількісних показників класифікованих надзвичайних ситуацій

Виявлення, оцінка та розуміння ризику катастрофи мають вирішальне значення для його зменшення. Для ефективного зниження ризику від катастроф можна виміряти ризик стихійного лиха, аналізуючи тенденції попередніх втрат від стихійного лиха. Також можна оцінити майбутні збитки, проводячи оцінку ризику.

Компоненти оцінки ризику включають такі фактори:

- небезпека визначається як ймовірність виникнення небезпечного впливу певної інтенсивності (землетрус, циклон, зсув ґрунту, пожежі) у певному місці та зазвичай визначається за історичним або визначеним користувачем сценарієм, ймовірнісною оцінкою небезпеки чи іншим методом;
- вплив, який є майном та інфраструктурою, що піддаються небезпеці, і може включати соціально-економічні фактори;
- вразливість, яка пояснює схильність до пошкодження активів, зокрема функції крихкості

та вразливості оцінюють коефіцієнт шкоди та відповідні соціальні витрати, спричинені небезпекою, відповідно до визначеного впливу.

#### Проектування інформаційної моделі досліджень

Основними компонентами інформаційної моделі об'єкта досліджень (рис. 2) є блок даних опису об'єктів із загальною інформацією про потенційно небезпечні об'єкти, блок статичних даних із статичними відомостями про надзвичайні ситуації, блок показників з нормативних джерел з даними з відкритих джерел та нормативно правовими актами, блок граничних значень з допустимими нормами та концентраціями [5].

Наведені блоки обробляють вхідні параметри інформаційної моделі, а саме:

- небезпеку через геологічні фактори;
- небезпеку через короточасні екстремальні погодні та атмосферні умови мікро- та мезомасштабу, які тривають від хвилин до днів;

- небезпеку через виникнення, рух і розподіл поверхневих, підземних прісних і солоних вод;
- небезпеку через вплив живих організмів та їх токсичних речовин або хвороб, що можуть

переноситися отруйними тваринами, рослинами та комахами.

Вихідним параметром інформаційної моделі є рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру.

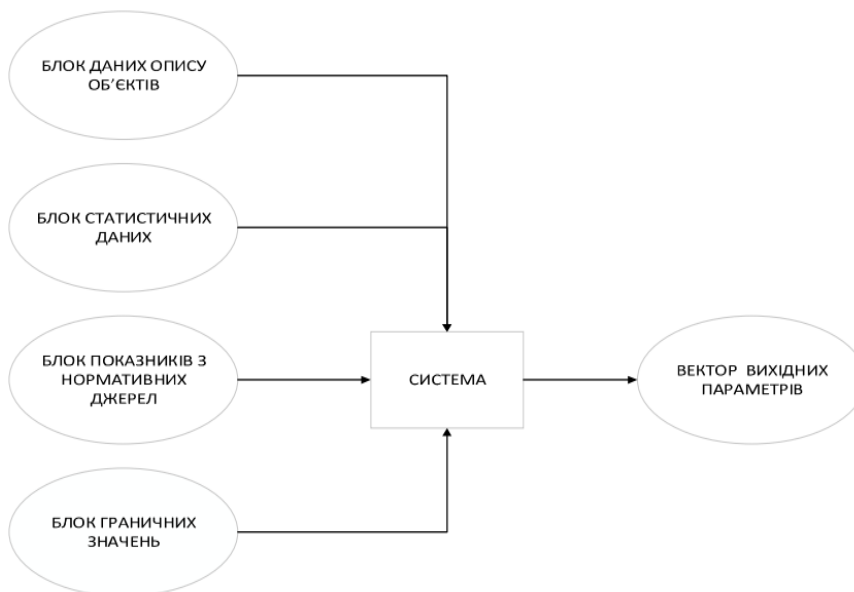


Рисунок 2 – Інформаційна модель об'єкта досліджень

### Методи досліджень

Для системи оцінювання рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру зручно використати архітектурний шаблон Model-View-Controller (MVC) (рис. 3) [6]. Він розділяє програму на три компоненти (модель, вигляд, контролер) і допомагає досягти розподілу

аплікації на визначені складові. Запити користувачів скеровуються до контролера, який відповідає за роботу з моделлю для виконання дій користувача та/або отримання результатів запитів. Контролер обробляє дані для відображення користувачеві та надає йому дані моделі.

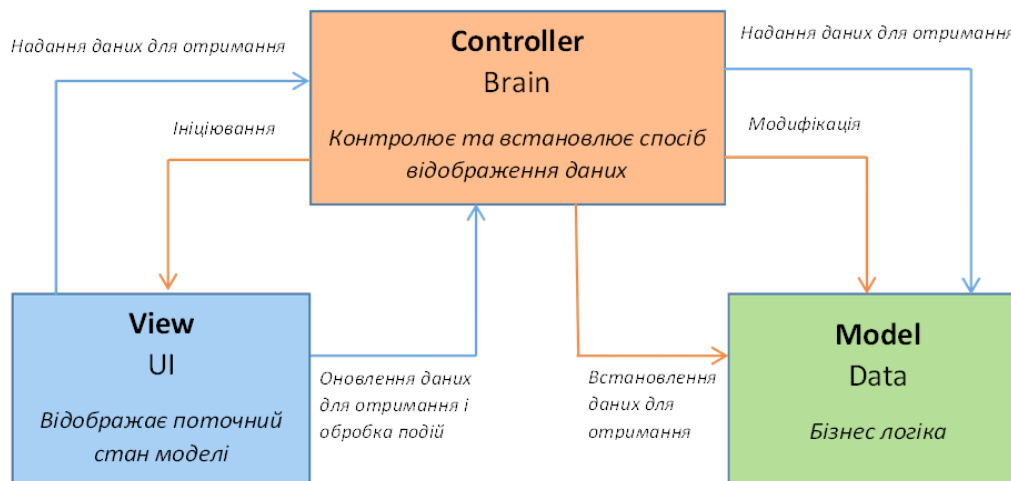


Рисунок 3 – Архітектурний шаблон MVC

Модель у програмі MVC є станом програми, а також бізнес-логікою і операціями, які вона виконує. Бізнес-логіка повинна бути інкапсульована в моделі разом з будь-якою логікою реалізації для збереження стану програми. Це обробка і верифікація даних, звернення до баз даних, внутрішній стан системи [7].

Блок вигляду відповідає за представлення вмісту через інтерфейс користувача.

Контролер виконує дії користувача і працює з моделлю, вибираючи вигляд для візуалізації. У шаблоні MVC контролер є початковою точкою входу і відповідає за вибір типів моделей для роботи та відображення. Він отримує дані від

користувача, передає їх моделі і оброблений результат спрямовує до блока вигляду.

Для дослідження моделі системи та оцінки ризику використано алгоритми нечіткої логіки. Системи нечіткої логіки призначені для перетворення значень вхідних змінних процесу управління у вихідні змінні на основі використання нечітких правил:

- механізм введення необхідної інформації забезпечує введення експертних оцінок;
- процедура фазифікації дає змогу знайти функції належності використовуваних термів вхідних змінних на основі вихідних даних;
- процедура агрегування визначає ступінь істинності умов за кожним з правил системи нечіткого виведення;
- процедура активізації дає змогу знайти ступінь істинності кожного з попередніх висновків правил нечітких висновків;
- процедура акумуляції знаходить функцію належності для кожної з вихідних лінгвістичних змінних заданої сукупності правил нечіткого виведення;
- процедура дефазифікації визначає чіткі значення вихідних змінних, які найкраще відповідають вхідним даним і базі формуючих правил.

## Результати досліджень

Надзвичайними ситуаціями природного характеру є небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери. Тому вхідними параметрами моделі для оцінювання і передбачення рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру є геологічна (Geological), метеорологічна (Meteorological), гідрологічна (Hydrological) та біологічна (Biological) безпеки.

Для досліджень ризику виникнення надзвичайних ситуацій використовувався редактор виводу нечіткої логіки Fuzzy Logic Toolbox середовища Matlab [8, 9]. В редакторі FIS визначено чотири вхідних лінгвістичних змінних з іменами: Geological, Meteorological, Hydrological, Biological і одну вихідну лінгвістичну змінну LRND (level of risk of natural disasters) (рис. 4). Для всіх лінгвістичних змінних терм-множини має стани «low», «medium» «high». Шкалу критеріїв оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру в Україні наведено в таблиці 1. Для лінгвістичної оцінки змінних використано по три терми з трикутними функціями належності.

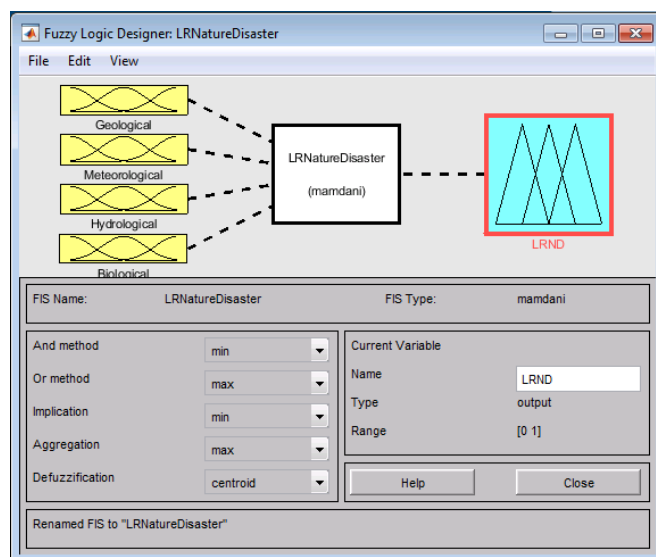


Рисунок 4 – Нечітка система впливу вхідних та вихідних змінних

Таблиця 1

Шкала критеріїв оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру

Геологічна Метеорологічна Гідрологічна Біологічна	Критерії ризику	Шкала від 0 до 1
Низька	з малою ймовірністю спричинить незначні пошкодження	0 – 0,2
Середня	пошкодження з малою ймовірністю катастрофічного результату	0,3 – 0,6
Висока	з великою ймовірністю призведе до катастрофічних наслідків	0,7 - 1

Для параметрів low, medium і high будуються функції належності Geological, Meteorological, Hydrological і Biological для вхідних параметрів

системи і функція належності вихідної змінної LRND (рис. 5).



Рисунок 5 – Функції належності вхідних та вихідної змінних

База правил, розроблена для нечіткої системи оцінювання рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій контролю доступу до бази даних, налічує 255 правил. Для досліджень обмежимося 30 правилами, які визначають основні закономірності поведінки системи і наведені на рис. 6.

Агрегування визначає ступінь істинності умов по кожному з правил системи нечіткої логіки. Для різних вхідних параметрів отримано високе, середнє та низьке значення ризику виникнення надзвичайних ситуацій, що зображено на рис. 7.



В кінці кожного правила у дужках показано ваговий коефіцієнт правила. Протягом досліджень було створено систему нечіткого логічного виведення типу Mamdani. Візуалізація нечіткого виведення здійснюється за допомогою GUI-модуля Rule Viewer. Цей модуль дозволяє проілюструвати

хід логічного виведення за кожним правилом, одержання результуючої нечіткої множини і виконання процедури дефазифікації.

З проведених досліджень отримано, що вихідне значення дорівнює 0,455 – середній рівень ризику для інформації про надзвичайні ситуації в Україні протягом 2020-2021 років.

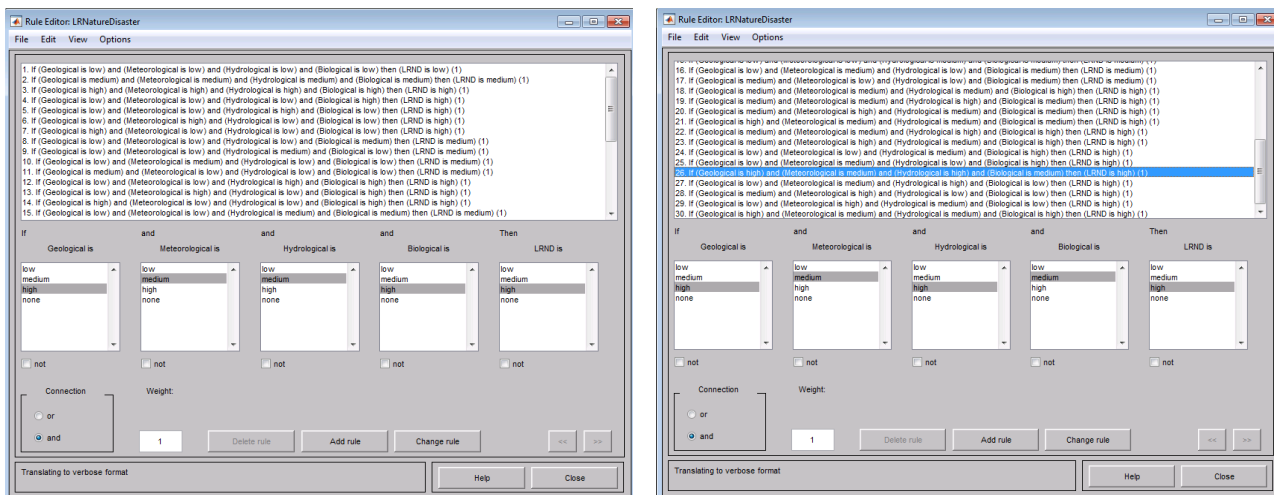


Рисунок 6 – Система правил створеної системи нечіткої логіки

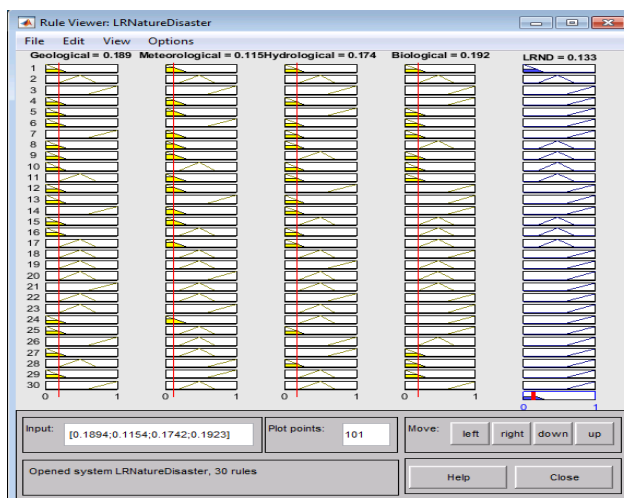
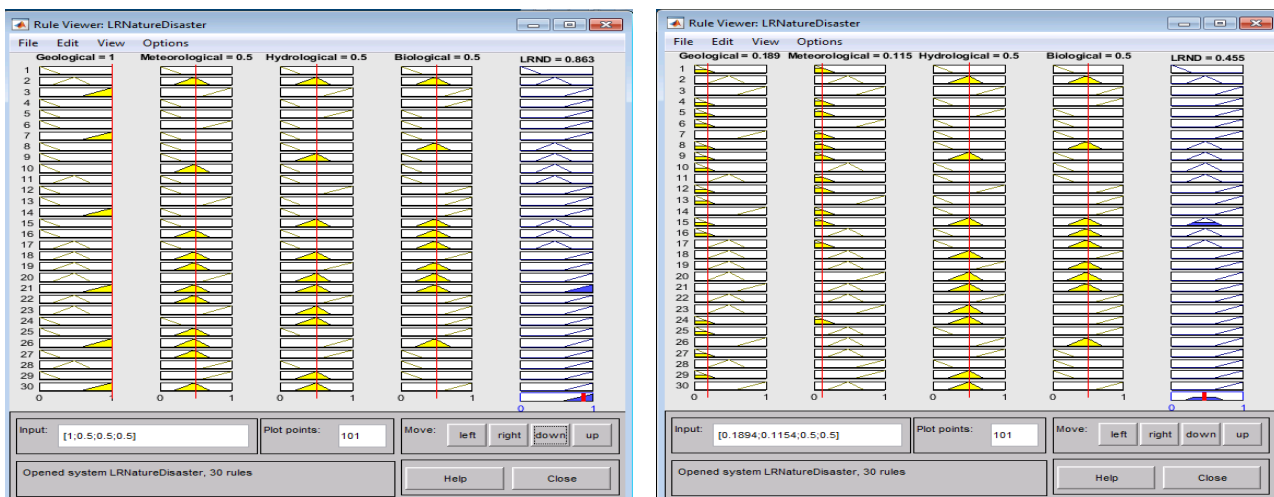
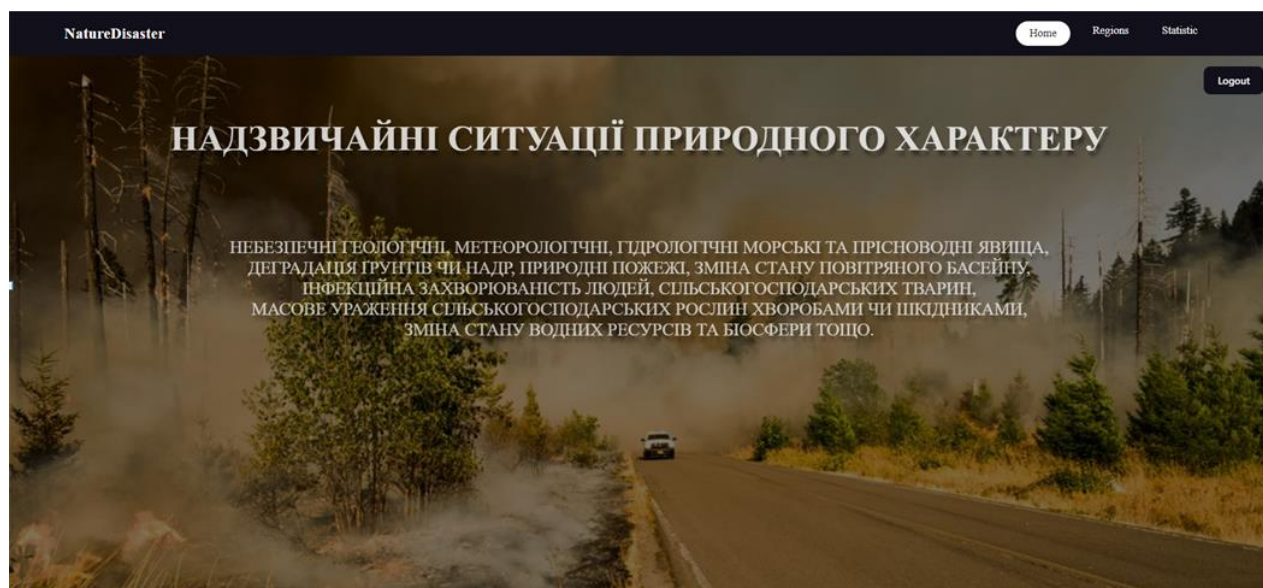


Рисунок 7 – Результат роботи системи правил нечіткої логіки

З врахуванням інформації, отриманої з проведених досліджень, розроблено інформаційну систему у вигляді web-сайту. Для проектування користувацького інтерфейсу використано мови розмітки HTML

та CSS і мову програмування JavaScript. Таблиця з інформацією про надзвичайні ситуації природного характеру по регіонах України створюється і обробляється в базі даних Php (рис. 8).



Інформація про надзвичайні ситуації природного характеру по регіонах

№ п/п регіону	Опис	Населення, тис.	Кільк. катастроф 2020	Кільк. катастроф 2021	Жертва	Ймовірність виникнення катастрофи, %
Вінницька	Область у Центральній Україні	1 509.50	6	2	0	6
Волинська	Область на північному заході України в межах Поліської низовини (понад 3/4 території) та Волинської височини	1 021.40	2	5	0	5
Дніпропетровська	Область в Україні, розташована у центральній, східній та південній частинах країни.	3 096.50	2	0	0	2
Донецька	Адміністративно-територіальна одиниця першого рівня на сході України.	4 059.40	4	2	0	5
Житомирська	Область на півночі України, в межах Поліської низовини, на півдні в межах Придніпровської височини.	1 179.00	5	1	0	5
Закарпатська	Область на південному заході України в межах західної частини Українських Карпат та Закарпатської низовини	1 244.50	6	3	0	7
Запорізька	Адміністративна одиниця на півдні України.	1 638.50	3	1	0	3
Івано-Франківська	Адміністративно-територіальна одиниця на заході України.	1 351.80	4	7	9	9
Київська	Область на півночі України. Обласний центр — місто Київ — адміністративно до її складу не входить.	1 795.10	4	3	0	5
Кіровоградська	Область у центральній частині України.	903.70	5	2	0	5
Луганська	Адміністративно-територіальна одиниця України, розташована на сході країни, переважно в басейні середньої течії Сіверського Дінця	2 102.90	7	1	0	5
Львівська	Адміністративно-територіальна одиниця на заході України.	2 478.10	3	3	0	6
Миколаївська	Область, розташована на півдні країни в межах Причорноморської низовини в басейні нижньої течії річки Південний Буг.	1 091.80	5	5	0	5
Одеська	Найбільша за територією область України, розташована на південному заході країни.	2 351.40	5	2	0	5
Полтавська	Адміністративно-територіальна одиниця України, розташована у середній частині Лівобережної України і, частково, на Правобережній Україні.	1 352.30	4	3	0	5
Рівненська	Область на північному заході України	1 141.80	3	3	0	4
Сумська	Область у північно-східній частині України.	1 035.80	3	2	0	5
Тернопільська	Адміністративно-територіальна одиниця України з центром у місті Тернополі, розташована на Подільській височині.	1 021.70	3	4	0	5
Харківська	Область розташована у східній частині України	2 599.00	2	3	2	4
Херсонська	Область у південній частині України, у межах Причорноморської низовини.	1 001.60	8	6	0	11
Хмельницька	Область на заході України.	1 228.80	1	2	13	2
Черкаська	Адміністративно-територіальна одиниця України першого рівня, розташована у центральній лісостеповій частині країни по обидва	1 160.70	1	0	0	1
Чернівецька	Область у південно-західній частині України	890.50	3	3	0	5
Чернігівська	Область у північно-східній частині України	959.30	4	1	0	4
м. Київ	Регіональна та національна адміністрація	9 663.70	1	1	0	0

Рисунок 8 – Розроблена інформаційна система у вигляді web-сайту

**Висновки**

Порівняння результатів нечіткого виведення для розглянутих варіантів значень вхідних змінних показує, що якщо вхідні параметри мають низькі значення, то рівень ризику низький, а якщо вхідні параметри мають середні і низькі значення, то рівень ризику середній – отримане значення в результаті досліджень – 0,455.

Реалізована інформаційна система оцінювання рівня ризику виникнення надзвичайних ситуацій природного характеру у вигляді web-сайту містить такі функції:

- виведення детальної інформації про надзвичайну ситуацію;

- виведення надзвичайних ситуацій, які відбулися в минулому в Україні;
- реєстрацію та авторизацію користувача;
- засоби прогнозування надзвичайних ситуацій в наступні роки.

**Список літератури:**

1. Андрієнко М. В., Шако В. С. Стан і проблеми функціонування системи моніторингу довкілля у сфері реалізації державної екологічної політики. Інвестиції: практика та досвід. 2017. № 17. С. 75-81.
2. Крихівський М. В., Михайлів В. І., Саманів Л. В. Діагностика інформаційного забезпечення екологічних служб. Методи та



прилади контролю якості. 2022, № 1(48). С. 97-102.

3. Касьяненко В. О., Руденко В. О. Розвиток інформаційних систем управління екологічними процесами. Вісник СумДУ. Серія Економіка. 2009. № 1. С. 35-43.

4. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році. URL: [www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17civik2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf](http://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17civik2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf) (дата звернення: 23.12.2022).

5. Амоша А. І., Дудник А. В. До питання систематизації методологічних засад моніторингу стану довкілля. Економічний вісник. 2018, № 4. С. 169-177.

6. Overview of ASP.NET Core MVC. URL: <https://learn.microsoft.com/uk-ua/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-6.0> (application date: 10.01.2023).

7. MVC: Model, View, Controller. URL: <https://www.codecademy.com/article/mvc> (application date: 10.01.2023).

8. Getting Started with Fuzzy Logic Toolbox, Part 1. URL: <https://www.mathworks.com/videos/getting-started-with-fuzzy-logic-toolbox-part-1-68764.html> (application date: 12.01.2023).

9. Fuzzy Logic, Part 2: Fuzzy Inference System Walkthrough. URL: [https://www.mathworks.com/videos/fuzzy-logic-part-2-fuzzy-inference-system-walkthrough-1629283055057.html?s\\_tid=vid\\_pers\\_recs](https://www.mathworks.com/videos/fuzzy-logic-part-2-fuzzy-inference-system-walkthrough-1629283055057.html?s_tid=vid_pers_recs) (application date: 12.01.2023).

#### References:

1. Andriyenko, M., and Shako, V. (2017), "The state and problems of the functioning of the

environmental monitoring system in the sphere of implementation of the state environmental policy", *Investytsii: praktyka ta dosvid*, no. 17, pp. 75-81.

2. Krykhivskyi, M. V., Mykhailev, V. I., and Samaniv, L. V. (2022), "Diagnosis of information support of environmental services", *Methods and devices of quality control*, no. 1, pp. 97-102.

3. Kasianenko, V., and Rudenko V. (2009), "Development of information systems management by environmental processes", *Visnyk SumDU. Serii Ekonomika*, no. 1, pp. 35-43.

4. Report on the main results of the State Emergency Service of Ukraine in 2021, available at: [www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17civik2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf](http://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17civik2018/zvit2021/zvit2021-dns.pdf) (access December 23, 2022).

5. Amosha A. O., and Dudnyk, A.V., (2018), "On systematization of methodological principles of environment monitoring", *Economics Bulletin*, no. 4, pp. 169-177.

6. Overview of ASP.NET Core MVC, available at: [learn.microsoft.com/ukua/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-6.0](https://learn.microsoft.com/ukua/aspnet/core/mvc/overview?view=aspnetcore-6.0) (access January 10, 2023).

7. MVC: Model, View, Controller, available at: <https://www.codecademy.com/article/mvc> (access January 10, 2023).

8. Getting Started with Fuzzy Logic Toolbox, Part 1, available at: <https://www.mathworks.com/videos/getting-started-with-fuzzy-logic-toolbox-part-1-68764.html> (access January 12, 2023).

9. Fuzzy Logic, Part 2: Fuzzy Inference System Walkthrough, available at: [https://www.mathworks.com/videos/fuzzy-logic-part-2-fuzzy-inference-system-walkthrough-1629283055057.html?s\\_tid=vid\\_pers\\_recs](https://www.mathworks.com/videos/fuzzy-logic-part-2-fuzzy-inference-system-walkthrough-1629283055057.html?s_tid=vid_pers_recs) (access January 12, 2023).

© I. В. Курга, А. Е. Лагун, Н. П. Кухарська, 2023.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 31.03.2023.

Прийнято до публікації 18.05.2023.