

УДК 004.93+004.891

Е.К. НАЗІРОВ, Т.О. НАЗІРОВА, М.Ю. КАРПЕНКО

Харківський національний університет  
міського господарства ім. О. М. Бекетова, м. Харків**МЕТОДИ ЗБОРУ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ДАНИХ ЗА ДОПОМОГОЮ САУНДЛЕТНОЇ  
БАЙЄСІВСЬКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

*Стаття присвячена проблемам безпеки населення і територій в умовах надзвичайних ситуацій (НС). У роботі проведено обґрунтування застосування нейронних мереж для прогнозування НС та етапи побудови нейронної мережі для моделювання НС. Мета роботи досягається розвитком науково-технічних основ для технічної реалізації комплексної в межах України системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного, техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки. Прогнозування виникнення НС та визначення місця розташування є актуальним завданням, яке вимагає постійного і ефективного рішення.*

*Ключові слова: надзвичайна ситуація, автоматизована система, акустичні сигнали, потенційно небезпечний об'єкт, системи сповіщення, цивільний захист населення, інформування.*

Э.К. НАЗИРОВ, Т.А. НАЗИРОВА, Н.Ю. КАРПЕНКО

Харьковский национальный университет  
городского хозяйства им. О. М. Бекетова, г. Харьков**МЕТОДЫ СБОРА И КЛАССИФИКАЦИИ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ САУНДЛЕТНОЙ  
БАЙЕСОВСКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

*Статья посвящена проблемам безопасности населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС). В работе проведено обоснование применения нейронных сетей для прогнозирования ЧС и этапы построения нейронной сети для моделирования ЧС. Цель работы достигается развитием научно-технических основ для технической реализации, комплексной в пределах Украины, системы мониторинга, предупреждения и ликвидации ЧС природного, техногенного характера и обеспечения экологической безопасности. Прогнозирование возникновения ЧС и определения местоположения является актуальной задачей, которая требует постоянного и эффективного решения.*

*Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, автоматизированная система, акустические сигналы, потенциально опасный объект, системы оповещения, гражданская защита населения, информирование.*

E.K. NAZIROV, T.A. NAZIROVA, M.Y. KARPENKO

National University Urban Economy. O.M. Beketova, Kharkiv

**METHODS OF COLLECTING AND CLASSIFICATION BY MEANS OF SOUNDLET  
BAYESIAN NEURAL NETWORK**

*The paper substantiates the application of neural networks for prediction of emergency situations and the stages of building a neural network for simulation of emergency situations. The purpose of the work is achieved by developing scientific and technical bases for the technical implementation of a comprehensive within Ukraine monitoring, prevention and liquidation system of natural and man-made emergency situations and ensuring environmental safety.*

*Forecasting emergencies and location determination is an urgent task that requires a permanent and effective solution. The basis of this problem is the construction of the effective methods, providing the high speed of the learning pattern recognition models as well as high probability, the adequacy and speed of emergency signals recognition. The article describes the principles of the construction and operation of the system for the recognition of emergency situations using neural networks. Considered apparatus and analysis of the need to use a neural network, to predict the physical parameters the emerging problem. Fulfilled the analysis of the chosen structure and neural networks, which should be used to predict the physical parameters. In article proposed model of a neural network to solve the problem of prediction. Also presented, the mathematical formula for visual understanding of the structure of neural networks and their work.*

*The article is devoted to the problem of emergencies prevention using modern methods of analysis of acoustic data. Emergencies arise in the conditions of extraordinary situations and management in emergency situations characterized by the need for work in the absence of information, the high rate of change in the situation, the need for operational formation of the most effective solutions, which have high efficiency, which imposes requirements to minimize the time and losses in the elimination of emergency situations.*

*Results of the study can be used for analysis and modelling of stability of emergency service that is for evaluation of the emergency or potentially dangerous object.*

*Keywords: emergency situation, coverage, automated system, acoustic signals, emergency, potentially dangerous object, notification systems, civil protection of the population, informing.*

### **Постановка проблеми**

На межі третього тисячоліття людство досягне досить високого наукового, технічного і виробничого прогресу, що в свою чергу створює, умови для великої концентрації ймовірностей виникнення надзвичайних ситуацій. Статтю присвячено проблематиці попередження виникнення надзвичайних ситуацій за допомогою використання штучних нейронних мереж для збору та класифікації аудіо даних. Надзвичайні ситуації виникають в умовах екстраординарних ситуацій. Управління в умовах критичного стану відрізняється необхідністю роботи при нестачі інформації, при високому темпі зміни ситуації, потребує оперативного формування найбільш ефективних рішень, які мають високу результативність. Все це накладає вимоги до мінімізації часу і втрат при ліквідації надзвичайної ситуації.

Метою роботи є розвиток науково-технічних основ для технічної реалізації комплексної в межах України системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки. В умовах сьогодення важливою задачею залишається необхідність розроблення нових підходів та технологій, що дадуть змогу отримати всю повноту, необхідної інформації. Сформульовано основні проблеми та напрямки їх усунення для поліпшення якості та підвищення інформативності контролю за НС.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Одна з актуальних і найбільш складних проблем держави і суспільства – створення гарантій безпечного проживання та діяльності населення на всій території України як у мирний, так і у воєнний час. Стан кризової політичної ситуації в Україні приніс нові вимоги суспільства до глобальних заходів щодо забезпечення захищеності, функціонування об'єктів економіки та життєдіяльності населення. Дослідженнями даної проблеми присвятили свої праці І.А. Чуб, М.В. Новожилова, John J. Fay, David Patterson, В.М. Попов, Michael Khalemsky, David G. Schwartz, A. Malizia, T. Onorati та багато інших. В роботах науковців доведено, що для будь-якого суспільства є актуальною необхідністю технічної реалізації заходів попередження та недопущення впливу небезпечних факторів на процес життєдіяльності населення та функціонування різного роду об'єктів держави. Це доводить актуальність напрямку дослідження в цій області. Проте переважна більшість робіт науковців пов'язана з дослідженнями техногенних і природних надзвичайних ситуацій. Моніторинг соціальних надзвичайних ситуацій, що потребує обробки різноманітних типів інформації з неоднорідних джерел, впровадження додаткових інструментів її збору й подальшого аналізу, досліджено недостатньо.

### **Мета дослідження**

Метою даного дослідження є розробка та аналіз перспективних напрямків та технологій використання нейронних мереж для збору акустичних сигналів надзвичайних ситуацій, для подальшого їх використання в процесі навчання нейронної мережі раннього визначення місце-розташування небезпечних об'єктів. Мета роботи – розробка методу класифікації акустичних сигналів за допомогою інтелектуального аналізу даних, на основі саундлетної байєсівської нейронної мережі. Мета роботи досягається впровадженням сучасних науково-технічних основ для реалізації комплексної системи моніторингу для попередження населення про загрозу та напрямки щодо ліквідації надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру та для забезпечення екологічної безпеки.

### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Ефективність тієї чи іншої системи, що використана для попередження надзвичайного стану, оцінюється за результатами, які мають місце вже після виникнення ситуації. Тому раннє прогнозування некерованих аспектів ситуацій перед прийняттям рішення, дає можливість зробити найефективніший вибір, який без передбачення міг би мати негативні наслідки розвитку ситуації.

Нейромережевий підхід виник на основі біологічних нейронних мереж людського мозку, який здатен до самонавчання та ефективно вирішує складні задачі з неоднорідно-параметричними даними. Деякі різновиди штучних нейронних мереж являють собою математичні моделі і мають лише віддалену подібність зі своїми реальними прототипами з нейрофізіології. Нейронні мережі – це потужний інтелектуальний інструмент, який дає змогу полегшити процес прийняття важливих і неочевидних рішень за умов дефіциту інформації та потреб щодо екстреного реагування. Основною характеристикою сучасних нейронних мереж є їх здатність моделювати свої результати, у залежності від мінливості зовнішнього середовища, з урахуванням нечітких та прихованих закономірностей інформаційного потоку даних.

Головним інструментом машинного навчання є теорема Байєса, яку представлено формулою (1):

$$P(\theta | D) = \frac{P(\theta)P(D | \theta)}{P(D)}, \quad (1)$$

де  $\theta$  і  $D$  є подіями.  $P(\theta)$  та  $P(D)$  є ймовірностями подій  $\theta$  та  $D$ , які незалежні одна від одної.  $P(\theta|D)$  – це умовна ймовірність, так звана, правдоподібність (likelihood), яка є ймовірністю події  $\theta$  за умови, що подія  $D$  відбулася.  $P(D|\theta)$  – умовна ймовірність спостереження події  $D$  за умови настання події  $\theta$ .  $P(D)$  – повна ймовірність настання події  $D$ .

За умовними ймовірностями виду  $P(\theta|D)$  визначають розподіл ймовірностей параметрів моделі після з'ясування, які дані приймають до уваги. Умовну ймовірність  $P(\theta|D)$  називаються апостеріорною ймовірністю (posterior probability). У свою чергу, ймовірність  $P(\theta)$  є апіорною ймовірністю (prior probability). Вона є математичною формалізацією нашої інтуїції щодо предмету дослідження, формалізацією нашого попереднього досвіду, наявного до проведення експериментальних досліджень.

Оскільки байєсова мережа – це повна модель для змінних і їх відносин, вона може бути використана для того, щоб давати відповіді на ймовірнісні запитання. Структура моделі двошарової саундлетної байєсівської нейронної мережі представлена на рис. 1.

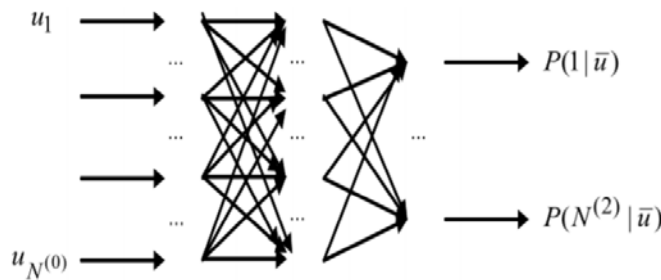


Рис. 1. Структура байєсівської нейронної мережі

Особливості спроектованої моделі нейронної мережі:

- нейронам вхідного шару відповідають компоненти вектора, що описує тестовий аудіо зразок;
- нейрони першого (прихованого) шару відповідають опорним зразкам;
- нейрони другого шару відповідають звукам;
- адаптація до звукових особливостей конкретного оператора здійснюється шляхом додавання в модель векторів опорних зразків;
- кожен нейрон першого (прихованого) шару обробляє інформацію на основі нормованої відстані між опорним і тестовим зразками звуку;
- ваги зв'язків між нейронами першого (прихованого) і другого (вихідного) шарів рівні одиниці або нулю, для цих ваг не потрібна процедура навчання;
- агрегування виходів нейронів першого (прихованого) шару виконується на основі максимуму;
- у другому (вихідному) шарі обчислюються апостеріорні ймовірності за формулою Байєса, що дозволяє визначити ймовірність приналежності тестового зразка звуку.

Загальна математична постановка завдання класифікації, яка може служити основою для побудови моделей метричної класифікації, буде наступною: нехай  $x$  – функція, що піддає класифікації зразок,  $y$  – номер класу зразка (аудіосигналу надзвичайної ситуації). Завдання полягає в тому, щоб за значенням  $x$  визначити значення величини  $y$ . Тоді побудова моделі нейронно-мережевої класифікації зводиться до визначення залежності між номером класу  $y$  від значення  $x$  засобами нейронно-мережевих технологій. Модель класифікації аудіоданих на основі саундлетної байєсівської нейронної мережі може бути представлена у вигляді:

$$\begin{aligned} \bar{u} &= (u_1, \dots, u_{N^{(0)}}), u_n = (Fx)(n-1), n \in \{1, \dots, N^{(0)}\}, \\ y &= \arg \max_j P(j | \bar{u}), \tilde{y} = \arg \max_j P(j | \bar{u}), j \in \{1, \dots, N^{(2)}\}, \end{aligned} \tag{2}$$

$$P(j|\bar{u}) = \frac{P(j)P(\bar{u}|j)}{\sum_{j=1}^{N^{(2)}} P(j)P(\bar{u}|j)}, \quad j \in \{1, \dots, N^{(2)}\},$$

$$P(\bar{u}|j) = \max_z w_{zj} P(\bar{u}|\bar{v}_z), \quad z \in \{1, \dots, N^{(1)}\}, \quad j \in \{1, \dots, N^{(2)}\},$$

$$P(\bar{u}|\bar{v}_z) = 1 - \frac{\rho_\rho(\bar{v}_z, \bar{u})}{A \sqrt[N^{(0)}]{N^{(0)}}}, \quad z \in \{1, \dots, N^{(1)}\},$$

$$\rho_\rho(\bar{v}_z, \bar{u}) = \sqrt[p]{\sum_{k=1}^{N^{(0)}} |v_{zk} - u_k|^p},$$

де  $y$  – номер звуку;  $\tilde{y}$  – максимум апостеріорної ймовірності;  $x$  – цілочисельна обмежена фінитна дискретна функція, яка описує тестовий зразок дискретного звукового сигналу;  $\bar{u}$  – цілочисельний вектор, отриманий в результаті перетворення функції  $x$  до єдиного амплітудно-часового вікна на основі саундлетів та саундлетних відображень, що надходить на вхід штучної нейронної мережі;  $\bar{v}_z$  – цілочисельний вектор, пов'язаний з  $z$ -им нейроном прихованого шару, відповідний  $z$ -ому опорному зразку;  $P(j|\bar{u})$  – апостеріорна ймовірність (умовна ймовірність появи тестового зразка  $j$ -ого звуку при спостереженні  $\bar{u}$ ), обчислюється для кожного  $j$ -ого нейрона другого (вихідного) шару;  $P(\bar{u}|j)$  – емісійна ймовірність (ймовірність спостереження  $\bar{u}$  за умови, що наданий тестовий зразок відповідає  $j$ -ому звуку);  $P(\bar{u}|\bar{v}_z)$  – умовна ймовірність (ймовірність спостереження  $\bar{u}$  за умови, що тестовий зразок відповідає вектору опорних зразків  $\bar{v}_z$ ), що обчислюється для кожного  $z$ -ого нейрона першого (прихованого) шару;  $P(j)$  – апріорна ймовірність появи зразка  $j$ -ого звуку (безумовна ймовірність), яка рівноможлива в силу обмеженої статистики, тобто у формулі (2) змінна  $P(j) = \frac{1}{N^{(2)}}$ ;  $A$  – максимальне значення вектора  $\bar{u}$ ;  $N^{(0)}$  – кількість нейронів вхідного шару, відповідна довжині вектора  $\bar{u}$ ;  $N^{(1)}$  – кількість нейронів прихованого шару, що відповідає кількості опорних зразків всіх звуків;  $N^{(2)}$  – кількість нейронів вихідного шару, відповідна кількості звуків;  $w_{zj}$  – вага  $z$ -ого опорного зразка,  $w_{zj} \in [0, 1]$ , причому якщо  $z$ -ий нейрон прихованого шару не пов'язаний з  $j$ -им нейроном вихідного шару ( $z$ -ий опорний зразок не відповідає  $j$ -ому звуку), то  $w_{zj} = 0$ . Якщо вага не враховується, то  $w_z \in \{0, 1\}$ .

Для створеної моделі сформулюємо критерії ефективності.  
Критерії оцінки ефективності моделі:

- Критерій швидкості класифікації означає вибір із заданого набору метрик такої метрики, яка на стадії навчання моделі вимагає найменшої кількості опорних зразків

$$F = T \longrightarrow \min_P \tag{3}$$

- Критерій оцінки порогової ймовірності класифікації означає вибір такого безлічі опорних зразків на стадії дослідної експлуатації моделі, щоб для тестового зразка номер звуку, обчислений за моделлю, збігався з тестовим номером звуку цього тестового зразка:

$$F = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \phi(y_1^{\text{model}}, y_i^{\text{test}}) \longrightarrow \max_{\{H_j\}}$$

$$\phi(a, b) = \begin{cases} 1, & a = b \\ 0, & a \neq b \end{cases}, \tag{4}$$

$$y_1^{\text{model}} = \arg \max_j P(j|\bar{u}_i), \quad j \in \{1, \dots, J\},$$

де  $\bar{u}_i$  –  $i$ -ий тестовий зразок;  $y_1^{test}$  – тестовий номер звуку для  $i$ -ого тестового зразка;  $I$  – кількість тестових зразків.

Для оцінки готовності моделі до експлуатації використовується критерій її адекватності, заснований на мінімумі середньоквадратичної похибки:

$$F = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I (y_1^{model} - y_i^{test}) \longrightarrow \min_{\{H_j\}}, \tag{5}$$

$$y_1^{model} = \max_j P(j | \bar{u}_i), j \in \{1, \dots, J\},$$

де  $\bar{u}_i$  –  $i$ -ий тестовий зразок;  $y_1^{test}$  – тестовий максимум апостеріорної ймовірності для  $i$ -ого тестового зразка.

Для оцінювання результатів класифікації вокальних звуків необхідно сформулювати умови їх класифікації.

**Умови класифікації тестового зразка звуку надзвичайної ситуації по опорним зразкам.**

Нехай дано тестовий зразок звуку надзвичайної ситуації, який описується цілочисельним вектором  $\bar{u}$ . Нехай для кожного  $j$ -ого звуку кризового стану обчислена емісійна ймовірність  $P(\bar{u}|j)$ , тобто ймовірність спостереження вектора  $\bar{u}$ , що описує тестовий зразок, за умови, що тестовий зразок відповідає  $j$ -ому звуку. Необхідна умова класифікації тестового зразка. Тестовий зразок класифікований, якщо,

$$\forall n \in \{1, \dots, J\} \forall m \in \{1, \dots, J\}$$

$$(P(\bar{u} | n) = \max P(\bar{u} | j) \wedge (P(\bar{u} | m) = \max P(\bar{u} | j) \longrightarrow$$

$$(n = m) \wedge (P(\bar{u} | n) > \bar{\varepsilon}), j \in \{1, \dots, J\}, \tag{6}$$

де  $\bar{\varepsilon}$  – задана емісійна ймовірність класифікації,  $0 < \bar{\varepsilon} \leq 1$ .

Достатня умова класифікації тестового зразка. Тестовий зразок класифікований, якщо

$$\forall n \in \{1, \dots, J\} \forall m \in \{1, \dots, J\}$$

$$(P(\bar{u} | n) = \max P(\bar{u} | j) \wedge (P(\bar{u} | m) = \max P(\bar{u} | j) \longrightarrow$$

$$(n = m) \wedge (P(\bar{u} | n) = 1), j \in \{1, \dots, J\}, \tag{7}$$

На основі отриманих умов можна сформулювати логіко-формальні правила оцінювання результатів класифікації.

**Логіко-формальні правила оцінювання результату класифікації.** Для оцінювання результатів класифікації формуються такі логіко-формальні правила:

$$\text{якщо } (P(\bar{u} | y) > \bar{\varepsilon}_{\max}), \text{ то } q=y, \tag{8}$$

$$\text{якщо } (P(\bar{u} | n) \leq \bar{\varepsilon}_{\max}), \text{ то } q=0,$$

де  $q$  – номер звуку,  $\bar{\varepsilon}_{\max}$  – обчислений максимум емісійних ймовірностей  $P(\bar{u}|y)$  для множини векторів тестових зразків некритичних (неперіодичних) звуків.

**Чисельне дослідження метричного методу класифікації звуків надзвичайного стану.**

В табл. 1 наведено порівняння запропонованого методу та існуючих нейромережових методів на основі бази даних акустичних сигналів. Класифікації підлягали всі звуки надзвичайної ситуації (розбиті шибки, крики про допомогу, звуки пострілів, звуки руйнування стін тощо).

Таблиця 1

$N$	Штучна нейронна мережа	Хибна класифікація, %
1	Тришаровий MLP	0.80
2	RBFNN	0.81
3	GRNN	0.82
4	PNN	0.84
5	Тришаровий RMLP	0.90
6	Саундлетна байєсівська NN	0.95

В загально прийнятих та поширених на цей час методах, як зразки використовувалися вектори мель-частотних кепстральних коефіцієнтів (Mel-frequency cepstral coefficients - MFCC), обчислені на ділянках рівної довжини, тобто фреймах. Помилка класифікації являє собою відношення кількості правильно класифікованих зразків, що містять звуки надзвичайного стану, до їх загальної кількості у відсотках, при цьому зразки, що містять кінець першого докризового звуку і початок докризового іншого звуку, не

враховувалися. Наведені в табл. 1 стандартні нейромережеві методи реалізовані в запропонованій статті за допомогою пакета Matlab. Дослідження дозволяє зробити висновок, що запропонований метод забезпечує високу ймовірність класифікації звуків докризового та кризового стану надзвичайних ситуацій.

### Висновки

У роботі розглянуто можливості та ефективність використання штучних нейронних мереж для вирішення завдань прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій будь-якого характеру.

Запропоновано використовувати саундлети й саундлетні відображення стосовно штучних нейронних мереж та нейромережевий підхід до класифікації акустичних сигналів НС, який відрізняється можливістю враховувати різнохарактерну структуру аудіосигналів і узагальнювати зразки одного типу звуку різної довжини з різним розмахом амплітуд, що підвищує ефективність класифікації сигналів надзвичайної ситуації. Можливість використання різноманітних звукових сигналів, які свідчать про докризовий стан, дадуть змогу швидкого реагування та раннього виявлення місця можливого виникнення надзвичайної ситуації, що в свою чергу надасть більш ефективні можливості для перешкодження розвитку ситуації в критичний стан.

Логічним продовженням діяльності в зазначеному напрямку є проектування єдиної державної системи безпеки, з використанням штучних нейронних мереж. Також перспективним напрямком є наукові дослідження щодо забезпечення інтеперабельності існуючих розрізнених систем, як в Україні так і в інших державах світу. Всі ці дії дозволять консолідовано реагувати на будь-які погрози та надзвичайні ситуації довільного походження.

### Список використаної літератури

1. Математические модели и методы проектирования систем раннего обнаружения пожара. Монография / И.А. Чуб, М.В. Новожилова, В.А. Андронов. – Харьков: НУЦЗУ. – 2014. – 148 с.
2. Emergency Management / John J. Fay, David Patterson [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128092781000153>
3. Попов В.М. Показатели эффективности региональной системы техногенной безопасности / В.М. Попов, И.А. Чуб, М.В. Новожилова // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – № 2(20). – С. 32-41.
4. Назиров Э.К. Система сповіщення в надзвичайних ситуаціях "АСЕН" / Э.К. Назиров, Т.А. Назирова // Науковий вісник НЛТУ України. – 2018. – № 28(1). – С. 140-144. – Режим доступу до ресурсу: <https://doi.org/10.15421/40280128>
5. Львов А.В. Триангуляционная система определения координат источника звука / А.В. Львов, М.Н. Агапов, А.И. Тищенко " // Ползуновский вестник. – 2010. – № 2. – С. 159-162. – Режим доступа к ресурсу: [http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010\\_02/pdf/158lvov.pdf](http://elib.altstu.ru/elib/books/Files/pv2010_02/pdf/158lvov.pdf)
6. Emergency Response Community Effectiveness: A simulation modeler for comparing Emergency Medical Services with smartphone-based Samaritan response // Michael Khalemsky, David G.Schwartz [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923617301252>
7. Назиров Э.К. Использование звукометрии в персональной системе оповещения о наступлении чрезвычайной ситуации / Э.К. Назиров // Компьютерні технології в міському та регіональному господарстві: матер. Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – С. 155-156.
8. An ontology for emergency notification systems accessibility / A. Malizia, T. Onorati, P. Diaz, I. Aedo, F. Astorga-Paliza [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417409008768>
9. Application of satellite navigation system for emergency warning and alerting / Suelynn Choy, John Handmer, Joshua Whittaker, Yuki Shinohara, Tomohiro Hatori, Naohiko Kohtake [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019897151630031X>
10. GSMA Intelligence Global Data [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gsmaintelligence.com/>.
11. Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.dsns.gov.ua/>.