

УДК 621.31:519.872

ОЦІНЮВАННЯ ЗАГРОЗ ОБ'ЄКТАМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

С.М.Чумаченко*, д-р.техн. наук, ст.наук.спіер.,В.В. Троцько, канд. військ. наук, ст.наук.спіер.
Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції: 28.04.2017
Пройшла рецензування: 15.06.2017

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

ризик, оцінювання загроз, критична інфраструктура, метод аналізу мереж.

АНОТАЦІЯ

Запропонований метод оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури, на основі методу аналізу мереж (ANP-process). Крім вирішення питання віднесення ряду об'єктів до списку критичної інфраструктури в статті визначено яким чином можна здійснювати об'єднання цих об'єктів у кластери, встановлювати системні зв'язки між ними та проводити оцінювання.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Необхідність захисту важливої інфраструктури є одним із найважливіших пріоритетів держави. Важливість безпечного функціонування критичної інфраструктури, а саме її ключових об'єктів, є головним чинником забезпечення національної безпеки, сталого функціонування економіки, добробуту та захисту населення країни. У той же час, виникає проблема аналізу та виокремлення об'єктів критичної інфраструктури України із множини існуючих, та оцінки загроз цим об'єктам за допомогою наукових методів підтримки та прийняття рішень. В зазначеному контексті актуальними залишається питання розробки методів оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури.

Аналіз публікацій. Питання критичної інфраструктури актуальне для всіх, без виключення, країн світу. За останні 25 років накопичено великий фактографічний і методичний матеріал, який недостатньо використовується для вирішення технічних і технологічних проблем при пошуках підходів до забезпечення природно-техногенної безпеки різних видів антропогенної діяльності [1-5].

У спеціальній екологічній літературі, поки що, переважають підходи до оцінки розмірів порушення природного середовища та концентрацій шкідливих речовин у тих чи інших абіотичних складових екосистеми, справедливо ставиться проблема деградації тих чи інших компонентів ландшафтів[6-8].

З другої половини ХХ століття науковцями-екологами затрачувалися значні зусилля на створення методів об'єктивної оцінки техногенного впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище. В науковій літературі [4-13] описано цілий ряд таких методів екологічної оцінки, серед яких найбільше поширення отримали [9-14]:

*E-mail:s_chum@ukr.net

- картографічні методи (метод нашарування та сполученого аналізу карт, метод контрольних списків);
- матричні методи (матриця Леопольда, матриця Петерсона, матриця взаємодіючих компонентів, східча матриця Соренсена);
- методи на основі мережних діаграм;
- статистичні методи;
- адаптивні методи (метод Сондхейма, аналіз рішень, метод Холлінга);
- методи моделювання (імітаційно-оптимізаційні моделі, моделі на основі концепції бази знань, логіко-інформаційні моделі).

Проте, до цього часу ще не розроблено загальноприйнятого універсального методу оцінки впливу на навколишнє середовище. В США і Європі, наприклад, крім зазначених вище, застосовуються в різних випадках і регіонах ще біля 50 різних методів [9-11].

Виділення невирішеної проблеми. Що ж до публікацій та наукових праць, які стосуються проблеми оцінки ризиків та загроз на об'єктах критичної інфраструктури, то на жаль, на даний момент, вони відсутні.

Метою статті є дослідження методологічних підходів до оцінювання ризиків та загроз та їх ранжування на об'єктах критичної інфраструктури на основі методів експертних оцінок систем підтримки прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу. На сьогоднішній день відомі такі визначення "критичної інфраструктури" в провідних країнах світу:

системи та об'єкти, фізичні чи віртуальні, настільки життєво важливі для держави, що недієздатність або знищення таких систем або об'єктів підриває національну безпеку, економіку, здоров'я або безпеку населення, або має своїм результатом будь-яку комбінацію з

переліченого вище (законодавство США (USAPatriotAct26.10.2001р.));

об'єкти, порушення (або припинення) функціонування яких призводить до втрати управління, руйнування інфраструктури, незворотних негативних змін (або руйнування) економіки країни, суб'єкту або адміністративно-територіальної одиниці, або суттєвому погіршенню безпеки життєдіяльності населення, що мешкає на цих територіях, на тривалій період часу (законодавство Російської Федерації);

система, спадкоємність якої важлива для функціонування держави, втрата або порушення якої мало б або могло б піддавати загрози життя громадян, могло б нанести серйозні негативні економічні або соціальні наслідки для суспільства чи її великої частини (законодавство Великобританії);

діяльність, мережі, послуги, матеріальні блага та інформаційні технології, вихід з ладу або знищення яких значно вплинуло би на здоров'я та безпеку громадян, або на діяльність державної влади (законодавство Хорватії).

За відсутності дефініції терміну “критична інфраструктура” у національному законодавстві у подальшому розгляді будемо спиратися на його наступне визначення: на наш погляд, під “*критичною інфраструктурою*” розуміється – системоутворююча інфраструктура держави, що включає до свого складу об'єкти, які відіграють ключову роль для забезпечення національної безпеки, функціонування економіки держави та безпеки життєдіяльності її громадян.

При оцінці ризиків, пов'язаних із загрозами природного, техногенного та соціально-політичного (в т.ч. терористичного) характеру виявляється, що найбільш складним завданням є оцінка саме кількісного ступеня ризиків, що обумовлено самою природою інформації та даних, які використовуються при цьому.

Основною особливістю оцінки ризиків небезпек, існуючих для об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ), є неможливість, у більшості випадків, використовувати апарат теорії ймовірностей через нестачу статистичних даних. В таких умовах оцінювати ризики і управляти ними, можна тільки аналізуючи можливі причинно-наслідкові зв'язки їх виникнення.

У більшості випадків неможливо визначити точне значення збитку ОКІ, який може бути нанесений в результаті тієї чи іншої події. Це складно зробити й тому, що число потенційних загроз та ризиків надзвичайно велике, і тому, що в багатьох випадках збиток не зводиться лише до матеріального, який може бути виражений в грошовому еквіваленті, але вимагає врахування нематеріальної складової збитку. Не менш складно визначити точне значення ймовірності події ризику. Тому можна говорити тільки про оцінки цих величин. Для фіксації оцінки цих величин по окремим можливим подіям пропонується використовувати шкалу ранжування через матрицю оцінки ризику (табл. 1).

Таблиця 1 -Матриця оцінки ризику

Очікувана частота ризиків	Категорія ризиків			
	I Катастрофічний	II Критичний	III Граничний	IV Незначний
Частий (A)				4A
Можливий (B)			3B	4B
Випадковий (C)		2C	3C	4C
Віддалений (D)	1D	2D	3D	4D
Неймовірний (E)	1E	2E	3E	4E

Що ж до методології оцінки ризиків та загроз, на нашу думку, влучним вирішенням даної проблеми буде саме використання методу експертних оцінок (метод Делфі) та/або методу аналізу мереж (ANP-process) Т. Сааті. Вони ґрунтуються на припущенні, що на основі думок експертів можна збудувати адекватну модель майбутньої оцінки розвитку об'єкта прогнозування.

Постійний брак коштів на проведення повномасштабних регулярних хіміко-аналітичних досліджень, складність проблеми формалізації повного переліку чинників впливу загроз, необхідність проведення термінових і оперативних оцінок загроз і впливів приводять до необхідності розвитку методів оперативного експертного екологічного оцінювання [14-18].

Припустимо, що нам відомі усі параметри чинників загроз, тобто вектор:

$$F^T (F_1^T, \dots, F_n^T), \quad (1)$$

де $F_i^T(f_{1i}, \dots, f_{li}, \dots, f_{ki})$ - спектри, що є компонентами вектора потоку загроз, а f_{ij} - чинники впливу загроз, що є компонентами спектрів загроз.

Якщо природно-техногенні явища чи процеси не можуть бути формалізовані й приведені до математичного моделювання, то застосовують евристичне моделювання, яке базується на узагальненні висновків групи незалежних експертів. Ці методи використовують математичну обробку оцінок експертів з метою узагальнення та об'єктивізації думки висококваліфікованих спеціалістів.

Для проведення оцінки і ранжування природно-техногенних загроз застосовують декілька підходів [12], найчастіше - порівняння загроз з універсальними стандартами. Стандарти можуть бути кількісними чи носити характер якісних норм (наприклад, обмеження на визначені види діяльності в межах певної території, що має природоохоронний статус).

Порівняння величини впливу зі стандартами може бути застосоване для оцінки екологічних загроз за умови, якщо такі стандарти вже розроблені. На основі такої оцінки може прийматися рішення про включення загроз в наступний детальний розгляд або про необхідність вжиття визначених заходів для пом'якшення впливу загроз.

Огляд сучасних підходів до системного аналізу складних систем і процесів та аналіз математичного апарату, що застосовується при цьому, дозволяють зробити висновок: аналіз і оцінка природно-техногенних загроз повинні бути багатофакторними [12,15-19], а системний аналіз сукупності джерел природно-техногенних загроз доцільно проводити з урахуванням ряду факторів оцінки, що є визначальними при формуванні цільових функцій для критеріїв оцінки загроз.

На сьогоднішній день серед відомих прикладів застосування експертних методів оцінки і ранжування загроз можна назвати:

авторську методику канадських вчених Thorpe J. та Godwin R. для оцінки загроз біорізноманіттю в канадській провінції Saskatchewan [18];

методику оцінки і ранжування загроз для територій збереження глобально-вразливих видів вчених із США Richard Margoluis та Nick Salafsky, опубліковану в роботі «Керівництво з оцінки і зменшення загроз для збереження біорізноманіття» [19];

методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю [19].

Узагальнений аналіз підходів, що були реалізовані в цих методиках, дозволяє сформулювати послідовність процедур виконання певних дій при проведенні оцінки різнотипних загроз [20]:

1. Ідентифікація загроз для об'єктів критичної інфраструктури та їх класифікація.

2. Вибір і обґрунтування критеріїв для оцінки загроз.

3. Поділ території для виділення типових об'єктів критичної інфраструктури з відносно однорідним складом природних та техногенних чинників впливу.

4. Системний аналіз природно-техногенних геосистем із застосуванням ГІС - технологій.

5. Визначення й формування комплексних критеріїв оцінки загроз.

6. Проведення аналізу загроз за вибраними критеріями щодо природно-техногенних геосистем.

7. Проведення ранжування загроз.

8. Визначення кількості високорівневих загроз щодо природно-техногенних геосистем.

9. Аналіз високорівневих загроз за типами загроз.

10. Розробка плану дій щодо зменшення загроз.

Для побудови логіко-інформаційної моделі оцінки техногенної загрози використовуємо три групи критеріїв, що визначаються згідно із методологією побудови концептуальної моделі оцінки ризиків:

- джерело загрози;
- шлях проходження загрози;
- об'єкт впливу (реципієнта) загрози.

Система критеріїв (див. рис.1) сформована таким чином, щоб врахувати різноаспектні оцінки впливу природно-техногенних загроз на ОКІ через відповідні фактори, що входять до складу часткових критеріїв.

Інтегральний критерій (узагальнена цільова функція) є інструментом для уникнення невизначеності шляхом зведення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної. Цей критерій представляє собою скалярну функцію векторного аргументу [15, 16]:

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = f(J_1(\mathbf{e}_1), J_2(\mathbf{e}_2), \dots, J_n(\mathbf{e}_n)), \quad (2)$$

де $J_{\Sigma}(\mathbf{e})$ - цільова інтегральна функція критерію оцінки загроз, $J_i(\mathbf{e}_i), i = \overline{1, n}$ - цільові функції складових критеріїв оцінки і ранжування загроз



Рисунок 1- Система критеріїв оцінки природно-техногенних загроз

Вид функції (2) визначається внеском кожної складової критерію в інтегральний критерій. При оперативному розв'язанні багатокритеріальної задачі щодо інтегральної оцінки техногенних загроз природному середовищу доцільно перейти до скалярної задачі, використовуючи адитивну

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i J_i(\mathbf{e}_i)}{S_i}, \quad (3)$$

або мультиплікативну

$$J_{\Sigma}(\mathbf{e}) = 1 - \prod_{i=1}^p \left(1 - \frac{\beta_i}{S_i} \cdot J_i(\mathbf{e}_i) \right) \quad (4)$$

узагальнену цільову функцію [15, 16].

У цих формулах коефіцієнти α_i, β_i відображають відносний внесок складових критеріїв в інтегральний, а коефіцієнти S_i забезпечують оцінку інформативності складових критеріїв. Вагові коефіцієнти α_i, β_i ,

S_i , аргументи цільової функції \mathbf{e}_i , (фактори в оцінках загроз за відповідними критеріями) визначаються експертними оцінками за шкалою Сааті [21] в безрозмірному вигляді.

Оцінювання загроз об'єктам критичної інфраструктури розглянуто на прикладі газотранспортної системи України. Побудова мережі та оцінювання здійснювалося на основі розробленого програмного продукту. В якості альтернати були обрані та описані три рівня загроз – загроза виникнення аварії з незначними наслідками, загроза виникнення аварії з відчутними наслідками, загроза виникнення аварії з непередбачуваними наслідками (катастрофи).

Зовнішній вигляд мережі для оцінювання показаний на рис. 2. Оцінка загроз показана на рис. 3. Використання готової програми значним чином спростило процедури побудови мережі та здійснення оцінювань в матрицях парних порівнянь та розрахунку суперматриці.

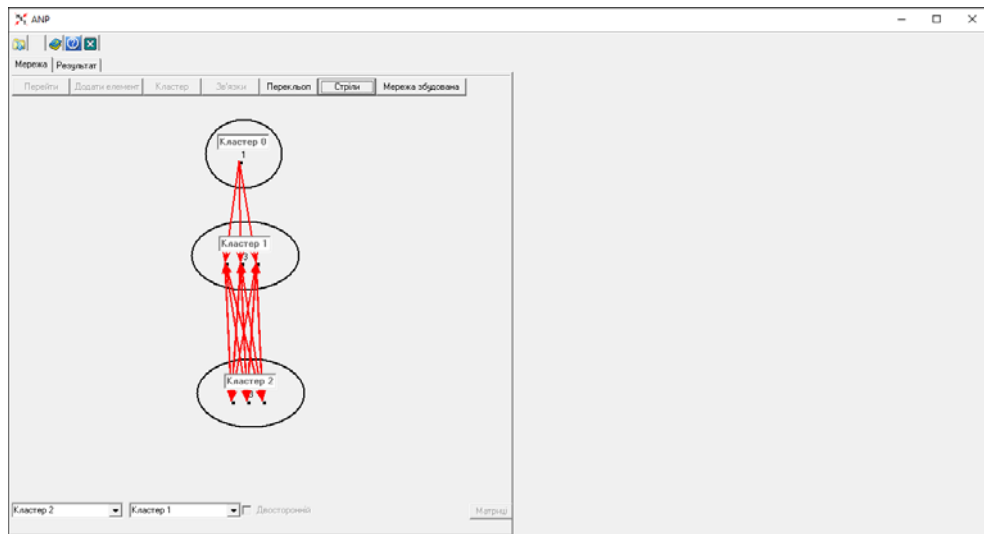


Рисунок 2 - Мережа для оцінки загроз виникнення аварії в газотранспортній системі України

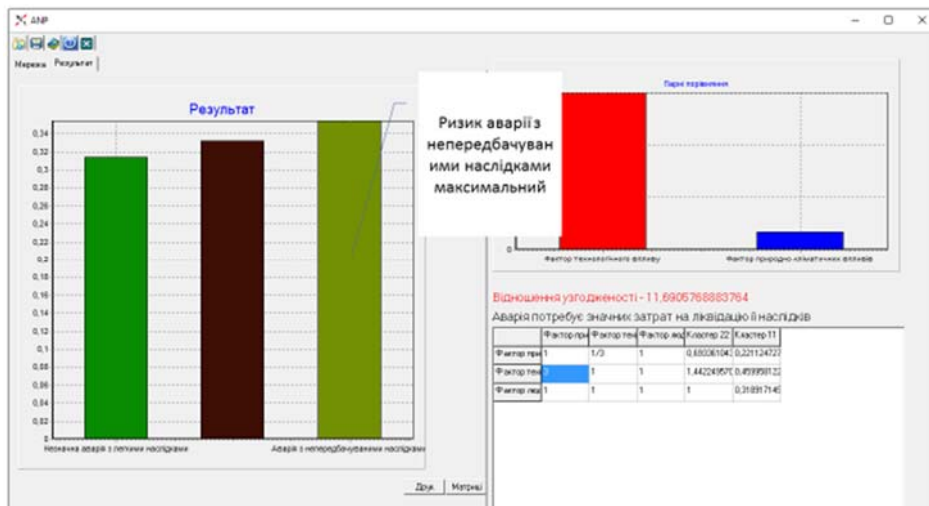


Рисунок 3 -Результат оцінювання загроз виникнення аварії в газотранспортній системі України

Висновки

Запропонований метод оцінювання можна застосовувати для оперативного експертного оцінювання техногенних загроз навколишньому природному середовищу на об'єктах критичної інфраструктури України. Гнучкість методу аналізу мереж дозволяють

адаптувати його для вирішення завдань не тільки оцінювання загроз, але і пошуку шляхів їх нейтралізації. В подальших дослідженнях ці переваги можуть бути використані для створення експертно-аналітичних систем з питань забезпечення природно-техногенної безпеки в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романченко І.С., Сбітнева А.І., Бутенко С.Г. Екологічна безпека: екологічний стан та методи його моніторингу.-К.: МО України, ЦНДІЗС України, 2006. – 560 с.
2. Романченко І.С., Лисенко О.І. Чумаченко С.М., Бутенко С.Г., Турейчук А.М. Математичні моделі та інформаційні технології оцінки і прогнозування стану природного середовища випробувальних полігонів.

3. Напрямки вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України/ За редакцією О.І. Лисенка, С.М. Чумаченка, Ю.І. Ситника,- К.: ННЦ От І ВБ України, 2006.-424 с.
4. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 1.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 384 с. Чумаченко С.М. Результати цільового дослідження індексу живої планети(LPI) і стану

- популяцій видів, притаманних відкритим ландшафтам, на прикладі Яворівського військового полігону Сил України. С. 141-165.
5. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, Індикатори, приклади. Книга 2/за редакцією академіка НАН України та УААНО.О. Созінова, В.І. Придатка, О.І. Лисенка.- К.: ЗАТ «Нічлава».- 2005. – 592с.
 6. Лисиченко Г.В., Забулонов Ю.Л., Хміль Г.А. Природний, техногенний та екологічний ризики:аналіз, оцінка, управління. – К.: Наукова думка, 2008. – 542 с.
 7. Лисиченко Г.В., Хміль Г.А., Барбашев С.В. Методологія оцінювання екологічних ризиків. -Одеса.: «Астропринт», 2011. – 368 с.
 8. Вторжение в природную среду. Оценка воздействия / Пер. с англ. А.Ю. Ретеюма. - М.: Прогресс, 1983. – 193с.
 9. Семенова Л.А. Зарубежный опыт оценок воздействия на природную среду // В кн.: Географическое обоснование экологических экспертиз. - М., Изд-во МГУ, 1985. - С. 17-32.
 10. О.М. Черп, В.Н. Виниченко, М.В. Хотулєва, Я.П. Молчанова, С.Ю. Дайман. Экологическая оценка и экспертиза. - М: Эколайн, 2000, URL: <http://www.ecoline.ru/mc/books/>. – 202 с.
 11. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление / Под ред. К-С.Холлинга. - М.: Мир. 1981. – 397 с.
 12. О.І. Лисенко, І.В. Чеканова, С.М. Чумаченко, А.М. Турейчук. Про розвиток поняття воєнна екологія.// Наука і оборона. - 2004.- №3.-С. 45-49.
 13. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. –К.: НІСД, 2001. – 312 с.
 14. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. - М.: Высшая школа, 1989. – 367 с.
 15. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. -М.: Наука, 1981. – 487 с.
 16. Thorpe J., Godwin R. Threat to Biodiversity in Saskatchewan. - Saskatoon: Saskatchewan Research Council, SRC Publication No. 11158-1C99, 1999. – 75 с.
 17. Margoluis R., Salafsky N. A Guide to Threat Reduction Assessment for Conservation. - Washington, D.C.: Biodiversity Support Program, www.BSPonline.org, 2001. – 43 с.
 18. Чумаченко С.М., Дудкін О.В. Методика ранжування загроз біорізноманіттю за їх пріоритетністю//Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. Під ред. Дудкіна О.В. К.: Хімджест, 2003. – 400 с.
 19. Чумаченко С.М., Дудкін О.В., Коржнев М.Н., Яковлев Є.О. Методичні аспекти оцінки і ранжування загроз для біорізноманіття в Україні. / К.: УІДНСРПНБОУ, Екологія і ресурси, Випуск 7, 2003, С. 77-86.
 20. Соціальні ризики та соціальна безпека в умовах природних і техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф/ Відп. Редактор В.В. Дурдинець, Ю.І. Саснко, Ю.О. Привалов. – К.: Стилос, 2001. – 497 с.
 21. Саати Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. Пер. с англ. / Науч. ред. А.В.Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

NATURAL-TECHNOGENIC THREAT ASSESSMENT FOR CRITICAL INFRASTRUCTURES OBJECTS

S:Chumachenko, Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow, V:Trotsko, Candidate of Military Sciences, Senior Research Fellow

The Ukrainian Civil Protection Research Institute, Ukraine

KEYWORDS

risk, threat assessment, critical infrastructure, network analysis method.

ANNOTATION

A method for threats assessment to critical infrastructure objects is proposed. It based on the ANP-process. In addition to resolving the issue of assigning a number of objects to the list of critical infrastructures, the article defines how it is possible to combine these objects into clusters, establish systemic links between them and conduct an assessment.

ОЦЕНКА ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УГРОЗ ОБЪЕКТАМ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

С.М. Чумаченко, д-р. техн. наук, ст.научн.сотр., В.В. Троцько, канд.воен.наук, ст.научн.сотр.

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, Украина

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

риск, оценка угроз, критическая инфраструктура, метод анализа сетей.

АННОТАЦИЯ

Предложен метод оценки угроз объектам критической инфраструктуры, на основе метода анализа сетей (ANP-process). Кроме решения вопроса отнесения ряда объектов в список критической инфраструктуры в статье определено каким образом можно осуществлять объединение этих объектов в кластеры, устанавливать системные связи между ними и проводить оценку.