

УДК 502.2:681.324

ВИБІР ПРІОРИТЕТІВ У СИСТЕМІ АДАПТИВНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ

Морщ Євген²; Андріюк Олена¹, Лисиченко Костянтин³, Пруський Андрій⁴

¹Національний університет харчових технологій;

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського";

³Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища Національної академії наук України»;

⁴Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту.

SELECTION OF PRIORITIES IN THE SYSTEM OF ADAPTIVE ECOLOGICAL MONITORING DURING COMBAT

Morshch Yevhen²; Andriiuk Olena¹, Lysychenko Kostyantyn³, Pruskyi Andrii⁴

¹National University of Food Technology;

²National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute";

³State Institution "Institute of Environmental Geochemistry of the National Academy of Sciences of Ukraine";

⁴Institute of Public Administration and Research in Civil Protection.

Анотація: В статті розглянуто підходи до розробки пріоритетів в системі адаптивного екологічного моніторингу районів бойових дій. Також наведено особливості формування інтервальної шкали для індексів та індикаторів порушень екосистем, які знаходяться під впливом воєнно-техногенного навантаження.

Ключові слова: Адаптивний екологічний моніторинг, екологічна безпека, інтервальна шкала, інтерполяційний поліном.

Summary: The article considers the approaches to the development of priorities in the system of adaptive environmental monitoring of areas of combat. The peculiarities of forming an interval scale for indices and indicators of disturbances of ecosystems that are under the influence of military-man-made load are also given.

Keywords: Adaptive environmental monitoring, ecological safety, interval scale, interpolation polynomial.

Вступ

При розробці програми адаптивного екологічного моніторингу районів бойових дій досить часто виникає проблема, яка пов'язана з формуванням пріоритетів спостереження та оцінки за чинниками негативного впливу на стан навколишнього природного середовища. В першу чергу це обумовлено обмеженнями матеріального, ресурсного та фінансового забезпечення (досвід виконання "Програми реабілітації територій, забруднених унаслідок військової діяльності, на 2001-2015 роки"). Для вирішення цієї проблеми необхідно створити принципово новий інструментарій комплексного оцінювання різних за своєю природою чинників якісного і кількісного характеру в системі адаптивного екологічного моніторингу.

Аналіз публікацій

За результатами аналізу публікацій в галузі прецизійної військової екології відомо два підходи для обґрунтування пріоритетів в системі екологічного моніторингу територій, що зазнають інтенсивного воєнно-техногенного навантаження. Перший підхід спирається на застосування методів, загальноприйнятих в теорії ймовірностей, дослідженні операцій та оцінці еколого-економічного збитку. Особливості застосування цього підходу були обґрунтовані в публікації [1] і застосовані при оцінці розподілу ресурсів на розробку системи екологічного моніторингу військового полігону з умовним ранжуванням пріоритетів екологічних загроз за ймовірнісною оцінкою воєнно-техногенних навантажень

(ВТН) і можливого еколого-економічного збитку від них. На той момент ще не була чітко відпрацьована схема оцінки впливів воєнно-техногенного навантаження на екосистеми районів бойових дій. Другий підхід заснований на методах експертних оцінок. Особливості його застосування з огляду екологічних загроз, що не формалізуються в аспекті кількісних оцінок, було розглянуто для ранжування загроз біорізноманіттю України в статті [2].

Результати досліджень

Як перший, так і другий підходи не можуть повною мірою задовольнити вимогам щодо розробки пріоритетів програми адаптивного екологічного моніторингу в силу обмежень, обумовлених експертним характером інформації про ВТН. Метою цієї статті є обґрунтування підходу щодо ранжування пріоритетів на основі експертно-аналітичної оцінки загроз від техногенних навантажень операційних районів ведення бойових дій (БД), що спирається на кількісні оцінки індикаторів порушень екосистем. Пропонується відповідна методика для їх оцінки на основі застосування методів стратифікації та інтервальних бальних оцінок. Розглянемо структурно-логічну модель воєнно-техногенного впливу типових військових об'єктів, що наведена на рис. 1.

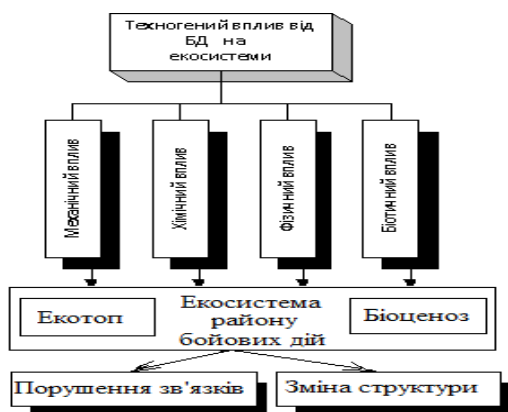


Рис. 1 – Структурно-логічна модель техногенного впливу бойових дій та військових навчань із застосуванням зброї і військової техніки на екосистему

Механічний вплив:

- Порушення ґрунтового покриву;
- Ерозія;
- Дефляція;
- Дегуміфікація;
- Забруднення металевими відходами;
- Забруднення боєприпасами, що не розірвалися.

Хімічний вплив:

- Забруднення повітря;
- Забруднення поверхневих вод;
- Забруднення ґрунтових вод;
- Забруднення ґрунту.

Фізичний вплив:

- Теплове забруднення;
- Акустичне забруднення;
- Вібраційне забруднення;
- Світлове забруднення;
- Електромагнітне забруднення.

Біотичний вплив:

- Прямий біоцид елементів біоценозу;
- Біогенна акумуляція шкідливих речовин;
- Збіднення біорізноманіття;
- Деградація екосистеми;

Детальний аналіз вхідної інформації, що спирається на засади системного підходу дозволяє сформуванню структури воєнно-техногенних факторів впливу для конкретних типових територій та ландшафтів БД.

Застосування індексно-індикаторного підходу для фіксації конкретних типів порушень екосистем в результаті застосування адаптивного екологічного моніторингу дозволяє провести окремо за кожним воєнно-техногенним фактором кількісну оцінку впливу бойової підготовки на відповідні компоненти екосистеми за узагальненою шкалою.

Експертна оцінка індексів та індикаторів може бути отримана за допомогою відповідних шкал [3]. Однією з найбільш прийнятних для кількісних індикаторів порушень в екосистемі на сьогодні є інтервальна шкала. Ця шкала порівняно з номінальною, порядковою та відносною шкалами дає можливість не тільки упорядковувати типові порушення, але і

кількісно їх визначити та порівняти між собою.

Як інтервальну шкалу для нашого випадку можна вибрати логарифмічну шкалу або шкалу, отриману методом квадратичної чи кубічної сплайн-апроксимації [4]. Спосіб побудови логарифмічних шкал, що відображають ступінь порушень екосистем в узагальнених індексах B , може мати такий вигляд:

$$B = \log_s I - \log_s a, \quad (1)$$

$$B = \frac{\ln(I/a)}{\ln(s)}, \quad (2)$$

де: a – коефіцієнт пропорційності, що визначає граничне значення шкали;

I – індикатор типових порушень в екосистемі, що змінюється від рівня, прийнятого за допустимий щодо воєнно-техногенного навантаження, до величини, при якій екосистема зазнає таких порушень, які приводять до її повної деградації, і землі стають непридатними для використання в лісовому чи сільському господарстві;

s – основа логарифму, що визначає характер залежності між кількісними індикаторами і індексами.

Для визначення параметрів інтервальної логарифмічної шкали можна скористатися формулами, що витікають із виразу (1):

$$B_{\max} = \frac{\ln(I_{\max}/a)}{\ln(s)}, \quad (3)$$

звідси $s^{B_{\max}} = \frac{I_{\max}}{a}$, $a = \frac{I_{\max}}{s^{B_{\max}}}$.

Інший спосіб перетворення індикаторів типів порушень екосистем I у індексні оцінки B полягає у використанні сплайн-функції 2-го порядку. Формуємо упорядковану сітку з кількісних індикаторів порушень в екосистемі. Задача інтерполяції у даному випадку полягає у побудові деякої функції-інтерполанти, яка у вузлах сітки приймає відомі значення. Для підвищення точності наближення можна збільшувати кількість вузлів сітки, але при проведенні бойових дій та

військових навчань із застосуванням зброї і військової техніки спроба збільшити кількість відомих вузлів може призвести до погіршення ситуації в цілому. При цьому, при збільшенні кількості вузлів сітки зростає степінь інтерполяційної функції, відповідно зростає похибка обчислень значень цієї функції, тому, виходячи з практичних міркувань використовуємо кусково-поліноміальну інтерполяцію. Для кожного інтервалу сітки використовуємо поліном 2-го порядку, який далі будемо називати сплайн-функцією 2-го порядку. Основною перевагою сплайн-функцій перед звичайними інтерполяційними поліномами є стійкість і простота обчислень.

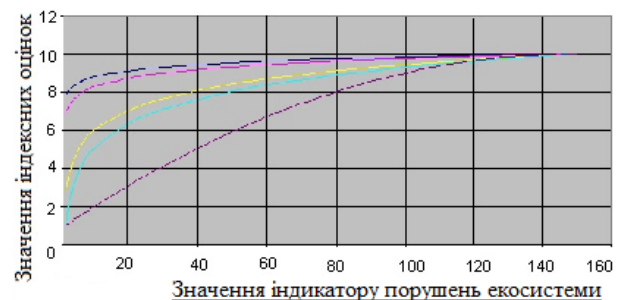
Квадратична залежність має вигляд:

$$B = a + b \cdot (I - I_{\max}) + c \cdot (I - I_{\max})^2 \quad (4)$$

Коефіцієнти a , b , і c обчислюються за умов, які задаються. Якщо $I = I_{\max}$, то з (4) впливає рівність $a = B_{\max}$. Прирівнюючи першу похідну $B'(I) = 0$ в точці $I = I_{\max}$, отримаємо значення $b = 0$. Коефіцієнт c для квадратичної сплайн-функції визначається правилом розрахунку мінімальної оцінки індексу B_{\min} :

$$B_{\min} = a + c \cdot (I_{\min} - I_{\max})^2, \quad (5)$$

$$c = \frac{(B_{\min} - B_{\max})}{(I_{\min} - I_{\max})^2}. \quad (6)$$



Логарифмічні шкали

— $s=10$ — $s=5$ — $s=2$ — $s=1,75$

— Квадратична сплайн-функція

Рис. 2 – Шкала для оцінки індикаторів типів порушень в екосистемі ВП

У таблиці 1 та на рис. 2 наведено приклади 10-бальних логарифмічних і квадратичної шкал при індикаторі, який змінюється в діапазоні від 1 до 150.

Таблиця 1.
Логарифмічні та квадратична шкали індексної оцінки

Індикатор порушень в екосистемі ВП	Бал, що визначається за формулою (1)				Бал за формулою (4)
	s=10	s=5	s=2	s=1,75	
1	7,8239	6,8867	2,7711	1,0462	1,008595
2	8,1249	7,3173	3,7711	2,2849	1,12888
5	8,5228	7,8867	5,0931	3,9222	1,484875
10	8,8239	8,3173	6,0931	5,1608	2,062
25	9,2218	8,8867	7,4150	6,7982	3,671875
50	9,5228	9,3173	8,4150	8,0368	5,95
75	9,6989	9,5693	9,0000	8,7613	7,721875
100	9,8239	9,7480	9,4150	9,2754	8,9875
125	9,9208	9,8867	9,7369	9,6742	9,746875
150	10,000	10,000	10,000	10,000	10

Методика обґрунтування пріоритетів в системі адаптивного екологічного моніторингу спирається на те, що вирішення задачі експертного оцінювання може бути цілком формалізоване розрахунковими способами за можливості математичної формалізації індикаторів всіх порушень в екосистемі.

На практиці також зручно використовувати кубічні сплайни $B_3(I)$ - сплайни 3-го порядку з неперервною першою похідною. Для того, щоб побудувати кубічний сплайн, потрібно визначити коефіцієнти a_{i0} , a_{i1} , a_{i2} , a_{i3} , які задають інтерполяційний кубічний многочлен:

$$Q_i(x) = B_{i,3}(x) = a_{i0} + a_{i1}x + a_{i2}x^2 + a_{i3}x^3 \quad (7)$$

Позначимо:

$$B_3(I_i) = B_i; \quad B_3(I_{i+1}) = B_{i+1}; \quad h = I_{i+1} - I_i.$$

Отримаємо:

$$B_3(I) = \frac{(I_{i+1} - I)^2(2 \cdot (I - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_i + \frac{(I - I_i)^2(2 \cdot (I_{i+1} - I) + h)}{h^3} \cdot B_{i+1} +$$

$$+ \frac{(I_{i+1} - I)^2(I - I_i)}{h^2} \cdot m_i + \frac{(I - I_i)^2(I - I_{i+1})}{h^2} \cdot m_{i+1} \quad (8)$$

Величина $m_i = B_3'(I_i)$ називається нахилом сплайну у вузлі I_i .

Проведемо перевірку:

$$B_3(I_i) = \frac{(I_{i+1} - I_i)^2(2 \cdot (I_i - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_i + \frac{(I_i - I_i)^2(2 \cdot (I_{i+1} - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_{i+1} + \frac{(I_{i+1} - I_i)^2(I_i - I_i)}{h^2} \cdot m_i + \frac{(I_i - I_i)^2(I_i - I_{i+1})}{h^2} \cdot m_{i+1} = \frac{(I_{i+1} - I_i)^2 h}{h^3} \cdot B_i = \frac{h^2}{h^2} \cdot B_i = B_i. \quad (9)$$

$$B_3(I_{i+1}) = \frac{(I_{i+1} - I_{i+1})^2(2 \cdot (I_{i+1} - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_i + \frac{(I_{i+1} - I_i)^2(2 \cdot (I_{i+1} - I_{i+1}) + h)}{h^3} \cdot B_{i+1} + \frac{(I_{i+1} - I_{i+1})^2(I_{i+1} - I_i)}{h^2} \cdot m_i + \frac{(I_{i+1} - I_i)^2(I_{i+1} - I_{i+1})}{h^2} \cdot m_{i+1} = \frac{(I_{i+1} - I_i)^2 h}{h^3} \cdot B_{i+1} = B_{i+1}. \quad (10)$$

$$B_3'(I_i) = \frac{-2 \cdot (I_{i+1} - I_i) \cdot (2 \cdot (I_i - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_i + \frac{(I_{i+1} - I_i)^2 \cdot 2}{h^3} \cdot B_i + \frac{2 \cdot (I_i - I_i) \cdot (2 \cdot (I_{i+1} - I_i) + h)}{h^3} \cdot B_{i+1} + \frac{(I_i - I_i)^2 \cdot (-2)}{h^3} \cdot B_{i+1} + \frac{-2 \cdot (I_{i+1} - I_i) \cdot (I_i - I_i) + (I_{i+1} - I_i)^2}{h^2} \cdot m_i + \frac{2 \cdot (I_i - I_i)^2(I_i - I_{i+1}) + (I_i - I_i)^2}{h^2} \cdot m_{i+1} =$$

$$= \frac{-2 \cdot h^2 + 2 \cdot h^2}{h^3} \cdot B_i + \frac{h^2}{h^2} \cdot m_i = m_i. \quad (11)$$

Провівши аналогічні розрахунки, отримаємо $B'_3(I_{i+1}) = m_{i+1}$.

Якщо поліном 3-го порядку приймає в точках I_i та I_{i+1} відповідно значення B_i і B_{i+1} , і похідні в цих точках, відповідно, m_i та m_{i+1} , тоді цей поліном збігається з поліномом (8).

Нахил інтерполяційного кубічного сплайну можна задавати різними способами. Перший, або спрощений, спосіб, полягає у використанні формул чисельного диференціювання другого порядку точності відносно кроку h .

Покладемо:

$$I_{\min} = I_0; I_{\max} = I_N; h = \frac{I_N - I_0}{N}.$$

$$m_i = \frac{B_{i+1} - B_{i-1}}{2h}, i = 1, 2, \dots, N-1; \quad (12)$$

$$m_0 = \frac{4 \cdot B_1 - B_2 - 3 \cdot B_0}{2h}; \quad (13)$$

$$m_N = \frac{3 \cdot B_N - B_{N-2} - 3 \cdot B_{N-1}}{2h}.$$

Другий спосіб можемо використовувати, якщо є значення B'_i похідної B_i у вузлах сітки I_i . В цьому випадку можна покласти $m_i = B'_i, i = 0, 1, \dots, N$.

Обидва способи є локальними, оскільки сплайн будуємо окремо на кожному частинному відрізку $[I_i; I_{i+1}]$ за допомогою формули (7). Неперервність похідної першого порядку у вузлах дотримується при такій побудові, але неперервність похідної другого порядку гарантувати не можна, тому вважаємо, що кубічний сплайн, побудований за таким алгоритмом, має дефект, рівний двом.

Задача визначення кубічного сплайну істотно спрощується при використанні многочлену Ерміта. Кубічний многочлен Ерміта на інтервалі $[I_{i-1}, I_i]$ визначається за допомогою значень функції B_{i-1}, B_i та її похідних B'_{i-1}, B'_i . Так як значення похідних

у загальному випадку можуть бути невідомими, будемо позначати їх $m_i = B'_3(I_i), m_{i-1} = B'_3(I_{i-1})$. Як і у попередньому випадку побудови полінома змінні m_i є нахилами сплайна у відповідних точках I_i .

Повинні виконуватись наступні умови.

1. Умова неперервності функції:

$$Q_i(x_{i-1}) = B_{i-1}; Q_i(x_i) = B_i. \quad (14)$$

2. Умови неперервності 1-ї та 2-ї похідних функції:

$$Q'_i(I_i) = Q'_{i+1}(I_i); Q''_i(I_i) = Q''_{i+1}(I_i). \quad (15)$$

3. Граничні умови:

$$Q'_1(I_{\min}) = B'_{\min}; Q'_{\max}(I_{\max}) = B'_{\max}$$

$$\text{або } Q''_1(I_{\min}) = B''_{\min}; Q''_{\max}(I_{\max}) = B''_{\max}.$$

Часто використовують граничні умови виду:

$$Q''_1(I_{\min}) = 0 \text{ і } Q''_{\max}(I_{\max}) = 0 \quad (16)$$

Сплайн, який при цьому отримуємо, називається природним кубічним сплайном.

Позначимо $h_i = I_i - I_{i-1}$. Запишемо многочлен Ерміта для інтервалу $[I_{i-1}, I_i]$.

$$\begin{aligned} Q_i(I) = & B_{i-1} \frac{(I - I_i)^2(2(I - I_{i-1}) + h_i)}{h_i^3} + \\ & + m_{i-1} \frac{(I - I_i)^2(I - I_{i-1})}{h_i^2} + \\ & + B_i \frac{(I - I_{i-1})^2(2(I_i - I) + h_i)}{h_i^3} + \\ & + m_i \frac{(I - I_{i-1})^2(I - I_i)}{h_i^2}. \end{aligned} \quad (17)$$

Умови неперервності функції та її перших похідних виконуються:

$$Q_i(I_{i-1}) = B_{i-1}; Q_i(B_i) = B_i;$$

$$Q'_i(I_{i-1}) = m_{i-1}; Q'_i(I_i) = m_i.$$

Для того, щоб визначити сплайн, потрібно задати умови неперервності другої похідної:

$$Q''_i(I_i) = Q''_{i+1}(I_i). \quad (18)$$

Для того, щоб записати ці умови в розгорнутому вигляді, визначимо кубічний многочлен Ерміта на інтервалі $[I_i, I_{i+1}]$, де $h_{i+1} = I_{i+1} - I_i$:

$$\begin{aligned} Q_{i+1}(I) = & B_i \frac{(I - I_{i+1})^2(2(I - I_i) + h_{i+1})}{h_{i+1}^3} + \\ & + m_i \frac{(I - I_{i+1})^2(I - I_i)}{h_{i+1}^2} + \\ & + B_{i+1} \frac{(I - I_i)^2(2(I_{i+1} - I) + h_{i+1})}{h_{i+1}^3} + \\ & + m_{i+1} \frac{(I - I_i)^2(I - I_{i+1})}{h_{i+1}^2}. \end{aligned} \quad (19)$$

Тепер визначимо похідні другого порядку многочленів $Q_i(I)$ та $Q_{i+1}(I)$ у точці $I = I_i$:

$$Q''_i(I_i) = \frac{2m_{i-1}}{h_i} + \frac{4m_i}{h_i} - \frac{6(B_i - B_{i-1})}{h_i^2}; \quad (20)$$

$$Q''_{i+1}(I_i) = -\frac{4m_i}{h_{i+1}} - \frac{2m_{i+1}}{h_{i+1}} + \frac{6(B_{i+1} - B_i)}{h_{i+1}^2}. \quad (21)$$

Умова неперервності других похідних має вигляд:

$$\begin{aligned} \frac{1}{h_i} m_{i-1} + 2\left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{i+1}}\right)m_i + \frac{1}{h_{i+1}} m_{i+1} = \\ = 3\left(\frac{B_i - B_{i-1}}{h_i^2} + \frac{B_{i+1} - B_i}{h_{i+1}^2}\right). \end{aligned} \quad (22)$$

Для природнього кубічного сплайна зручно скористатись умовою:

$$Q''_1(I_{\min}) = 0; \quad Q''_{\max}(I_{\max}) = 0. \quad (23)$$

Один із цих способів передбачає присвоєння типам порушень екосистем бальних оцінок, які визначаються з використанням інформації про кількісні характеристики індикатора у відповідних інтервальних шкалах. Кількісні дані щодо індикаторів отримують в результаті

спостережень інформаційно-вимірювальною системою екологічного моніторингу. При використанні кількісних оцінок відповідні індикатори нормуються.

Для аналізу структури порушень від воєнно-техногенних факторів БД застосуємо метод стратифікації, який дозволяє провести їх розподіл за стратами. Отримані значення балів за відповідними типами порушень для трьох класів ВО можуть бути використані для обрахування узагальненої експертної бальної оцінки загроз від навчальних об'єктів при формуванні програми адаптивного екологічного моніторингу.

Для кожного ВО формується матриця бальних оцінок B_{no} порушень екосистеми БД за наступною схемою:

$$B_{no} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix}. \quad (24)$$

Рядок матриці відповідає стратам факторів воєнно-техногенних навантажень ВО, стовпчик матриці - відповідним типам порушень в екосистемі операційного району ведення БД, що викликані заходами БД. Елементи цієї матриці представляють бальні оцінки, отримані для відповідного типу порушення у десятибальній інтервальній шкалі. Відповідно для кожного страту факторів воєнно-техногенних навантажень ВО обраховуються компоненти власного w_i ($i = \overline{1, m}$) вектора за рядками згідно з формулою:

$$\begin{aligned} w_1 &= \left[b_{11} \cdot b_{12} \cdot b_{13} \cdot \dots \cdot b_{1n} \right]^{\top n}, \\ w_2 &= \left[b_{21} \cdot b_{22} \cdot b_{23} \cdot \dots \cdot b_{2n} \right]^{\top n}, \\ &\dots \end{aligned} \quad (25)$$

$$w_m = \left[b_{m1} \cdot b_{m2} \cdot b_{m3} \cdot \dots \cdot b_{mn} \right]^{\top n}.$$

Нормування факторів воєнно-техногенних навантажень ВО проводиться шляхом обчислення нормуючих коефіцієнтів k_i ($i = \overline{1, m}$) за формулою:

$$k_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^m w_i}. \quad (26)$$

Потім обчислюється вектор пріоритетів V_{BO} , який складається із компонентів V_{sol} ($l = \overline{1, L}$), що є інтегральними оцінками відповідного l -го ВО за відповідними n стратами:

$$\begin{aligned} V_{\text{sol}1} &= k_{\text{sol}11} \cdot w_{\text{sol}11} + k_{\text{sol}12} \cdot w_{\text{sol}12} + \\ &+ k_{\text{sol}13} \cdot w_{\text{sol}13} + \dots + k_{\text{sol}1m} \cdot w_{\text{sol}1m}, \\ V_{\text{sol}2} &= k_{\text{sol}21} \cdot w_{\text{sol}21} + k_{\text{sol}22} \cdot w_{\text{sol}22} + \\ &+ k_{\text{sol}23} \cdot w_{\text{sol}23} + \dots + k_{\text{sol}2m} \cdot w_{\text{sol}2m}, \\ &\dots \\ V_{\text{sol}L} &= k_{\text{sol}L1} \cdot w_{\text{sol}L1} + k_{\text{sol}L2} \cdot w_{\text{sol}L2} + \\ &+ k_{\text{sol}L3} \cdot w_{\text{sol}L3} + \dots + k_{\text{sol}Lm} \cdot w_{\text{sol}Lm} \end{aligned} \quad (26)$$

На основі обчисленого вектору пріоритетів V_{BO} можна провести ранжування ВО за ступенем воєнно-техногенного навантаження в системі екологічного моніторингу з визначенням першочергових заходів та особливостей їх проведення (об'єму, черговості і періодичності) для типових ВО.

Висновки

Ця методика може бути представлена у вигляді комплексної процедури для формування рекомендацій командуванню та особам, що приймають рішення, з формування програми екологічного моніторингу операційних районів ведення БД. Таким чином, результати досліджень, проведених за представленою методикою, можуть бути також використані при розробці нормативних документів з екологічної безпеки військових навчань на полігонах Збройних Сил України для обґрунтування пріоритетів системи адаптивного екологічного моніторингу.

Перелік посилань

- [1] Чумаченко С. М., Бодрик Ю. Г., Свідерський В. Є., Нікітін В. А. Підходи до визначення пріоритетів розподілу ресурсів на розробку системи екологічного моніторингу військових полігонів. Збірник наукових праць. Київ, ННДЦ ОТ і ВБ України. (12) (2002). 48-57 с.

- [2] Чумаченко С. М., Дудкін О. В., Коржнев М. М., Яковлев Є. О. Методичні аспекти оцінки і ранжування загроз для біорізноманіття в Україні. Екологія і ресурси. Київ, УІДНСР, (7) (2003). 77-86 с.
- [3] Авраменко В. П., Калачева В. В. Методи і процедури шкалювання в задачах оцінювання проектних рішень. Науковий вісник інституту економіки та нових технологій ім. Ю. І. Кравченка "Нові технології" 1 (2). Кременчук: ІЕНТ, 2003. 40-47 с.
- [4] Инженерная защита окружающей среды. Учебное пособие под ред. О. Г. Воробьева. С.-Пт.: Лань, 2002. 288 с.

References

- [1] Chumachenko S.M., Bodryk Yu.G., Sviderskyj V.Ye., Nikitin V.A. Pidkody do vy`znachennya priorytetiv rozpodilu resursiv na rozrobku sy`stemy` ekologichnogo monitoryngu vijs`kovy`x poligoniv. Zbirnyk naukovy`x prac`. Ky`yiv, NNDCz OT i VB Ukrainy`. (12) (2002). 48-57 s.
- [2] Chumachenko S.M., Dudkin O.V., Korzhnyev M.M., Yakovlyev Ye.O. Metody`chni aspekty` ocinky` i ranzhy`ruvannya zagroz dlya bioriznomanittya v Ukrayini. Ekologiya i resursy`. Ky`yiv, UIDNSR, (7) (2003). 77-86 s.
- [3] Avramenko V.P., Kalacheva V.V. Metody` y` procedury` shkaly`rovany`ya v zadachax oceniv`vany`ya proektny`x resheny`j. Naukovy`j visnyk insty`tutu ekonomiky` ta novy`x tehnologij im. Yu.I. Kravchenka "Novi tehnologiyi" 1 (2). Kremenchuk: IENT, 2003. 40-47 s.
- [4] Y`nzhenernaya zashhy`ta okruzhayushhej sredy. Uchebnoe posoby`e pod red. O.G. Vorob`eva. S.-Pt.: Lan`, 2002. 288 s.

Реферат

Морц Євген

Андріюк Олена

Лисиченко Костянтин

Пруський Андрій

Вибір пріоритетів в системі адаптивного екологічного моніторингу під час бойових дій

В роботі представлені підходи до розробки пріоритетів в системі адаптивного екологічного моніторингу районів бойових дій і військових навчань.

*Морщ Евгений
Андріюк Елена
Лисиченко Константин
Пруський Андрей*

**Выбор приоритетов в системе
адаптивного экологического
мониторинга во время боевых действий**

В работе представлены подходы к разработке приоритетов в системе адаптивного экологического мониторинга районов боевых действий и военных учений.

*Morshch Yevhen
Andriiuk Olena
Lysychenko Kostyantyn
Pruskiy Andrii*

**Selection of Priorities in the System of
Adaptive Ecological Monitoring During
Combat**

The paper presents approaches to the development of priorities in the system of adaptive environmental monitoring of areas of combat and military training.

Відомості про авторів

Морщ Євген Володимирович

Освіта: пожежна безпека (2001).

Науковий ступінь: Кандидат технічних наук (2006)

Місце роботи: кафедра фізико-технічних засобів захисту інформації, Фізико-технічний інститут, Національний технічний університет України «КПІ» ім. Ігоря Сікорського.

Область знань: Організаційне забезпечення ТЗІ, управління інформаційною безпекою.

Наукові інтереси: Захист інформаційних ресурсів обмеженого доступу, протипожежний захист об'єктів

Email: mev@i.ua

Андріюк Олена Петрівна

Освіта: спеціальність «Математика» (1998).

Науковий ступінь: Кандидат фізико-математичних наук (2007).

Місце роботи: кафедра інформаційних систем, факультет автоматизації і комп'ютерних систем, Національний університет харчових технологій.

Область знань: математика, інформаційні технології

Наукові інтереси: алгоритми і системи даних, системи штучного інтелекту, топологія.

Email: nuht_andriuk@ukr.net

Лисиченко Костянтин Георгійович

Освіта: спеціальність «Правознавство» (1998).

Науковий ступінь: -

Місце роботи: Державна установа «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

Область знань: цивільний захист, екологічна безпека

Наукові інтереси: цивільний захист, екологічна безпека

Email: lyskot74@gmail.com

Пруський Андрій Віталійович

Освіта: спеціальність «Пожежна безпека» (2004).

Науковий ступінь: кандидат технічних наук (2010)

Місце роботи: Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Область знань: цивільний захист, пожежна безпека

Наукові інтереси: цивільний захист, пожежна безпека

Email: prusskiy@ukr.net