

*Роман Антонович Миколайчук
Ярослав Олексійович Кізяк*

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗПОДІЛУ ОБ'ЄКТІВ ВПЛИВУ ДЛЯ УЛАШТУВАННЯ ТА ПОДОЛАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ ЗАГОРОДЖЕНЬ

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні тенденції розвитку форм та способів ведення збройної боротьби вимагають швидкого реагування на зміни обстановки та забезпечення оперативної протидії противнику [1]. Ефективність заходів протидії багато в чому залежатиме від часу на їх виконання. Тому, в більшості випадків, організація зазначених заходів на основі поточної інформації про стан противника та характер його дій не призводить до успіху. Вищевказане призводить до необхідності організації протидії противнику на основі методів прогнозування.

Можливість застосування методів прогнозування під час прийняття рішень органами військового управління забезпечується сучасним рівнем розвитку інформаційних технологій, які забезпечують обробку великих обсягів інформації у стислі терміни. Застосування сучасних інформаційних технологій у практиці роботи органів військового управління дозволяє значно підвищити ефективність планування бойових дій.

Під час планування заходів інженерного забезпечення, зокрема улаштування та подолання загороджень, визначаючим чинником для прийняття рішення виступатимуть характеристики розподілу об'єктів впливу, тобто об'єктів на які здійснюється безпосередній вплив в ході виконання відповідного завдання інженерного забезпечення [2-4].

При улаштуванні загороджень об'єктами впливу є множина цілей, які уражаються інженерними боєприпасами.

В ході подолання загороджень в якості об'єктів впливу виступає множина вибухонебезпечних предметів, які можуть встановлюватись як противником, так і своїми військами або залишатися після попередніх бойових дій.

Таким чином, для успішної організації виконання завдань улаштування і подолання загороджень необхідно визначити очікувані характеристики розподілу об'єктів впливу на основі методів прогнозування.

Дослідженню питань прогнозування присвячено низку робіт. Так, в роботах [5-7] розглядається прогнозування в діяльності

військових органів управління. Визначено, що прогнозування направлено на полегшення передбачення змісту, характеру та можливого кінцевого результату майбутніх дій, з метою прийняття та впровадження в життя ефективних управлінських рішень. Функцією штабу є здійснення прогнозування на основі новітніх інформаційних технологій, системи аналітичних, математичних, імітаційних, штабних та інших видів моделей.

В роботі [8] визначено, що основним інструментом статистичних методів прогнозування є екстраполяція, яка дозволяє описати функцію, що характеризує рух досліджуваної характеристики. Прогнозування базується на функціональній залежності між прогнозованим параметром (перемінною) і його минулим значенням, або фактором часу. Основними етапами прогнозування є: збір вихідної інформації про значення досліджуваної характеристики в ретроспективному періоді та побудова часового ряду; попередня обробка вихідної інформації з метою наближення часового ряду до тренду; згладжування часового ряду; побудова графіку згладжування часового ряду; дослідження логіки протікання процесу в цілому, в тому числі гіпотези його протікання в майбутньому; візуальний аналіз графіка згладженого ряду для приблизного визначення виду відповідного йому тренду з простих функцій; розрахунок параметрів вибраної функції екстраполяції; розрахунок меж інтервалу довіри прогнозу; змістовна інтерпретація отриманих прогнозних результатів.

Однак у зазначених роботах недостатньо висвітлені питання, стосовно безпосереднього прогнозування характеру розподілу об'єктів впливу під час улаштування та подолання загороджень.

Формулювання мети статті. Виклад основного матеріалу

Метою статті є розробка алгоритму визначення показників розподілу об'єктів впливу на основі статистичної обробки даних та прогнозування, для забезпечення прийняття управлінських рішень під час організації виконання завдань з улаштування і подолання загороджень.

Насамперед слід відзначити, що сучасні воєнні конфлікти характеризуються високою динамічністю, швидкоплинністю та непередбачуваністю. Для досягнення успіху протиборчі сторони постійно змінюватимуть стратегію дій, що призводитиме до зміни кількості та якості об'єктів впливу під час виконання завдань з улаштування і подолання загороджень. Зазначені чинники значно ускладнюють збір достатньої кількості статистичних даних та здійснення адекватного прогнозу.

Тому прогнозування розподілу об'єктів впливу під час виконання вказаних завдань необхідно здійснювати на основі наступних принципів:

на початкових етапах бойових дій прогнозування здійснюється на основі статистичних даних, отриманих в ході подібних конфліктів що відбулися (відбуваються), із поступовим залученням статистичних даних, отриманих під час поточного;

прогнозування проводиться на короткий термін часу (як правило, на добу або тиждень);

в якості трендів використовуються прості функції (лінійні або поліноміальні до третього ступеня включно) із періодичною їх зміною;

поряд із прогнозуванням проводиться виявлення взаємозв'язку досліджуваних часових рядів із зовнішніми факторами та використання отриманих закономірностей для визначення досліджуваних параметрів.

В цілому завдання прогнозування пропонується формалізувати викладеним нижче чином.

Задано множину об'єктів впливу $R = \{r\}$, а також деякий евклідов простір J виконання завдань з улаштування (подолання) загороджень. У зазначеному просторі, відповідно до умов обстановки, визначену решітку його елементів на основі відношення часткового порядку $< : \text{«граничить з»}$ $J = \{j, <\}$. На вказаних множинах задано відношення $h_J(j) = \{R_j = \{r_j\} : R_j \subset R, \forall r_j \mapsto j\}$, яке повертає підмножину R , що знаходиться у відповідному елементі простору. Окрім того задано функцію $\vec{q}_j = q(h_J(j))$ визначення вектору параметрів розподілу об'єктів впливу у заданому елементі простору J (як правило, такими параметрами будуть: потужність множини $h_J(j)$, а також відповідні математичне очікування та дисперсія). Відомі результати спостережень протягом деякого періоду часу, який розбито на інтервали $\tau = (\tau_0, \dots, \tau_i, \dots, \tau_n) : \forall Q_i \in Q_1, \dots, Q_n : Q_i^{(j)} = \vec{q}_j(\tau_i)$.

Необхідно на множині екстраполяційних функцій $F = \{f : f(\tau_i) = Q_i^*\}$ вирішити задачу прогнозування:

$$f_k = \min_F \left(Q_{n+1}^{(k)} - f(\tau_{n+1})_k \right), k \in \overline{0, |J| - 1}. \quad (1)$$

Для вирішення задачі (1) введемо наступні припущення:

існує кінцева множина факторів $X = \{x_0, \dots, x_m\}$, що дозволяє визначити значення

необхідного параметру з необхідною точністю ε за допомогою деякої (невідомої) лінійної функції z з параметрами a, b :

$$\exists X : \forall q_j(\tau_i) \exists z_j = \sum_m a_{j,m} \cdot x_m + b_j : \quad (2)$$

$$X(\tau_i) \xrightarrow{z_j} q_j'(\tau_i) : q_j'(\tau_i) - q_j(\tau_i) < \varepsilon;$$

спостерігається певна множина факторів $Y(\tau_i)$;

існує $X_c = \{x_0, \dots, x_c\} : X_c \subset X \cap Y, c \in [0, m]$;

множину факторів нормовано таким чином, що $\forall x_1 \in X \Rightarrow x_1 \geq 0$, при збереженні умови (2).

Тоді задача прогнозування (1) запишеться наступним чином:

$$f_k = \min_F \left(Q_{n+1}^{(k)} - \sum_c a_{k,c} \cdot x_c(\tau_{n+1}) - f(\tau_{n+1})_k \right), k \in \overline{0, |J| - 1}. \quad (3)$$

Неважно визначити що точність прогнозування за умови $c \rightarrow m$ зростатиме у зв'язку із зменшенням кількості невідомих факторів у виразі (3) порівняно з (1).

Визначення коефіцієнтів функцій (2) можливо провести за допомогою умови:

$$z_j = x_i + \frac{\sum_{m \neq i} a_{j,m} \cdot x_m + b_j}{|a_{j,i}|} \pm 1. \quad (4)$$

Відповідно до (4) визначення зазначених коефіцієнтів проводиться за допомогою тривіального ітераційного алгоритму [9]. Якщо алгоритм не сходиться – робиться висновок $x_i \notin X$. В такому випадку зазначений фактор або не впливає на значення прогнозованого параметру або впливає у комбінації з іншими. Пошук таких комбінацій також може бути проведено на основі виразів (2, 4), при чому комбінація факторів враховується як окремий фактор.

Для визначення вектору параметрів a_{fk} екстраполяційної функції f_k , як правило використовується метод найменших квадратів. В основу критерію адекватності прогнозування покладемо парне кореляційне відношення, яке, згідно [8], визначає ступінь зв'язку між екстраполяційною функцією та рядом значень, що спостерігаються:

$$\eta = \sqrt{1 - \frac{\sum (q_t - q_t^*)^2}{\sum (q_t - \bar{q})^2}}, \quad (5)$$

де q_t, q_t^*, \bar{q}_t – відповідно, значення прогнозованого параметру що спостерігалися протягом періоду $[\tau_0, \tau_t]$, отримані за допомогою екстраполяційної функції, а також середнє значення параметру. При чому рахується, що для $\eta < 0.5$ – зв'язок слабкий; $0.5 \leq \eta < 0.7$ – зв'язок середній; $\eta > 0.7$ – зв'язок сильний.

У зв'язку з обмеженою кількістю інтервалів спостереження, вибір адекватної екстраполяційної

функції утруднюється. Тому пропонується процес прогнозування проводити з наступними особливостями:

можливість застосування функції $f_k \in F$ для прогнозування до визначається умовою $|a_{fk}| > n$;

при наявності множини $F': (F' \subset F) \cup (\forall f' \in F' \Rightarrow \eta(f') > 0.7)$ значення параметру визначається як зважена за парним кореляційним відношенням сума функцій

$$F' \left[q^* = \frac{\sum_{F'} (\eta(f') \cdot f')}{\sum_{F'} \eta(f')} \right];$$

у випадку $F' \cap F = \emptyset - q^* = \max_{\eta} f$;

процес прогнозування повторюється після проходження кожного чергового інтервалу часу τ .

Із урахуванням наведеного вище, алгоритм прогнозування параметрів розподілу об'єктів впливу в деякому елементі простору J може бути описано наступним чином:

1. Початок алгоритму
2. Введення вихідних даних $J, Q, Q^*, Y, F, \tau, n, c$.
3. Початок циклу за елементами місцевості j .
4. Визначення коефіцієнтів відомих факторів: $Y \rightarrow Xc: \forall x_i \in Xc \exists a_{j,i} \leftarrow (2)$. Визначається нове значення $c = |Xc|$.
5. Визначається відома частина $z_j, z_j^* = \sum_{Xc} a_{j,i} \cdot x_i$.

Література

1. Стрижевський В. В. Розвиток тактики в локальних війнах та збройних конфліктах другої половини ХХ та початку ХХІ сторіч : монографія / Володимир В'ячеславович Стрижевський. – К.: НАОУ, 2007. – 272 с. **2. Жуковський Л. Г.** Организация инженерного обеспечения объединенной группировки войск в локальных войнах и вооруженных конфликтах // Военная мысль. – 1998. – № 3. – С.44-50. **3. Миколайчук Р. А.** Гіпотеза динамічного мінування. / Миколайчук Р.А. // К.: НУОУ, Збірник наукових праць “Труди університету”. – 2012. – №2 (108). – С.239-246. **4. Рябинов В. Л.** О разработке комплекса мероприятий по противодействию минной войне // Военная мысль. –

6. Початок циклу за F .

7. $F \rightarrow \{f: |a_f| > n\}$,

$$\forall f \in F \rightarrow \left(a_f : \min_{\tau} \sum (q - q^*)^2, \eta \right).$$

8. Кінець циклу за F .

9. $F': (F' \subset F) \cup (\forall f' \in F' \Rightarrow \eta(f') > 0.7)$.

10. $F' \cap F = \emptyset \Rightarrow f_j^* = \max_{\eta} f$.

$$11. F' \cap F \neq \emptyset \Rightarrow f_j^* = \frac{\sum_{F'} (\eta(f') \cdot f')}{\sum_{F'} \eta(f')}.$$

12. $Q^{(j)*} = z_j^* + f_j^*$.

13. Кінець циклу за елементами місцевості j .

14. Виведення Q^*, Xc, a, a_f, c .

15. Кінець алгоритму.

Висновки

Таким чином, запропонований алгоритм дозволяє проводити визначення параметрів розподілу об'єктів впливу з урахуванням особливостей процесів улаштування і подолання загороджень.

Аналіз розробленого алгоритму у порівнянні з існуючими методами прогнозування дозволяє зробити висновок щодо отримання більш точного прогнозу вказаних параметрів на невеликих обсягах статистичної вибірки.

Подальші дослідження доцільно проводити в напрямку виявлення закономірностей параметрів розподілу об'єктів впливу за досвідом сучасних воєнних конфліктів.

2006. – № 12. – С.32-39. **5. Рябчук В. Д.** О роли и месте прогнозирования и предвидения в системе планирования операции и общевойскового боя // В. Д. Рябчук, В. И. Нечипор // Военная мысль. – 2007. – № 10. – С.61–67. **6. Чекинов С. Г.** Прогнозирование тенденций военного искусства в начальном периоде ХХІ века // Военная мысль. – 2010. – № 7. – С.19–33. **7. Юрков Б. Н.** Исследование операций. – М.: ВИА, 1990. – 528 с. **8. Галушак М. П.** Прогнозування соціально-економічних процесів: Навчальний посібник. – Тернопіль: ТДТУ, 2009. – 101 с. **9. Вентцель Е. С.** Исследование операций: задачи, принципы, методология / Е. С. Вентцель. – М.: КноРус, 2010. – 192 с.

Определены особенности изменения параметров распределения объектов влияния для процессов устройства и преодоления инженерных заграждений. Проведена формализация задачи прогнозирования. Предложен алгоритм прогнозирования распределения объектов влияния.

Ключевые слова: устройство и преодоление инженерных заграждений, распределение объектов влияния, прогнозирование, алгоритм, факторы.

The features of change of the impacted objects distribution parameters where defined. The formalization of the problem of prediction was held. The algorithm of predicting the distribution of impacted objects was proposed.

Key words: the mining and demining processes, the distribution of impacted objects, prediction, algorithm, factors.