

В.М. Клименко, Б.О. Дем'янчук

Військова академія, Одеса

ПОРІВНЯЛЬНІ ОЦІНКИ РЕАЛІЗУЄМОСТІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ РОБОТИЗАЦІЇ ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВИХ ВІЙСЬК ПРИ ГІПОТЕЗАХ, ЩО ПЕРЕТИНАЮТЬСЯ

Методом порівняння гіпотез щодо варіантів вкладення засобів, які очікуються у розвиток роботизації та у нарощування традиційних видів ОВТ, побудована стохастична матриця прогнозних значень імовірності реалізації кожного з варіантів за Релівськими законами розподілу випадкових вихідних даних, що перетинаються, о витратах на розвиток видів ОВТ за кожною з альтернатив.

Ключові слова: альтернативні варіанти військово-технічного розвитку, роботизація озброєння, статистичні оцінки, прогнозування при гіпотезах, що перетинаються.

Вступ

Завданню прогнозування варіантів розвитку методом перевірки статистичних гіпотез присвячено багато робіт [1–2]. Але, завданню оцінки достовірності прогнозу альтернативних варіантів розвитку по обмеженій кількості ознак варіантів при гіпотезах, що перетинаються, можливостям реалізації цих варіантів, на жаль, приділяється недостатньо уваги і у сучасних публікаціях. В той же час, як показує аналіз, поєднання ознак, які суттєво відрізняються, та характерні для кожного з варіантів, дозволяє досягти оптимальної для практики достовірності прогнозування.

Метою статті є розгляд моделі стохастичної оцінки достовірності прогнозування варіантів розвитку, яка дозволяє отримати достатньо достовірну інформацію, навіть у випадку попарної необізнаності ознак варіантів.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо особливості стохастичної оцінки достовірності прогнозування чотирьох варіантів розвитку ОВТ при гіпотезах о реалізації варіантів, що перетинаються попарно, за двома ознаками: P_1 і P_2 .

Ознака P_1 – витрати, що очікуються на розробку та впровадження роботизованих зразків ОВТ ДШВ: для розвідки; розмінування доріг і поля бою; евакуації поранених; вогневого впливу і т. ін.;

Ознака P_2 – витрати, що очікуються на розробку та впровадження зразків традиційного ОВТ ДШВ, кожний з яких керується оператором: для розвідки; розмінування доріг і поля бою; евакуації поранених; вогневого впливу і т. ін.

Варіанти розвитку роботизації ОВТ:

1) малий рівень витрат, що передбачаються і на роботизацію, і на оснащення зразками ОВТ традиційного виду;

2) малий рівень витрат, що передбачаються на роботизацію і великий рівень витрат, що передбачаються на оснащення зразками ОВТ традиційного виду;

3) великий рівень витрат, що передбачаються і на роботизацію, і на оснащення зразками ОВТ традиційного виду;

4) великий рівень витрат, що передбачаються на роботизацію і малий рівень витрат, що передбачаються на оснащення зразками ОВТ традиційного виду.

В умовах невизначеностей випадкового характеру відносно дійсних рівнів вкладення засобів у розвиток по кожному з варіантів, завдання полягає у визначенні (за результатами оцінки намічених рівнів вкладення засобів) значень імовірності правильного прогнозування та умовних ймовірностей помилок прогнозування реалізації кожного з варіантів роботизації ОВТ.

Характеристики класів:

1) даному варіанту песимістичного рішення відповідає: малий рівень ознаки P_1 – вкладень у роботизацію і малий рівень ознаки P_2 – вкладень у розвиток зразків ОВТ традиційного виду;

2) даному варіанту консервативного рішення відповідає: малий рівень ознаки P_1 – вкладень у роботизацію і великий рівень ознаки P_2 – вкладень у розвиток зразків традиційного виду;

3) даному варіанту оптимістичного рішення відповідає: великий рівень ознаки P_1 – вкладень у роботизацію і великий рівень ознаки P_2 – вкладень у розвиток зразків традиційного виду;

4) даному варіанту прогресивного рішення відповідає: великий рівень ознаки P_1 – вкладень у роботизацію і малий рівень ознаки P_2 – вкладень у розвиток зразків традиційного виду.

В силу недостатнього розпізнавання класів, що прогноуються, по кожній з ознак, що спостерігається, значення ознаки P_1 – рівень очікуваних вкладень у розвиток роботизації ОВТ, дозволяє передбачити лише дві гіпотези:

A_1 (P_1 – малого рівня) – реалізується варіант 1 малого рівня вкладень у розвиток роботизації (випадок 1.1) або варіант 2 малого рівня вкладень у розвиток роботизації (випадок 1.2);

A_2 (P_1 – великого рівня) – реалізується варіант 3 великого рівня вкладень у розвиток роботизації (випадок 2.2) або варіант 4 великого рівня вкладень у розвиток роботизації ОВТ (випадок 2.1).

Аналогічно, спостерігаємо значення ознаки P_2 – рівень очікуваних вкладень у розвиток ОВТ традиційного виду, який дозволяє судити про справедливості однієї з двох наступних гіпотез:

B_1 (P_2 – малого рівня) – реалізується варіант 1 вкладень малого рівня у розвиток ОВТ традиційного виду (випадок 1.1) або варіант 4 малого рівня вкладень у розвиток ОВТ традиційного виду (випадок 2.1);

B_2 (P_2 – великого рівня) – реалізується варіант 2 вкладень великого рівня у розвиток ОВТ традиційного виду (випадок 1.2) або реалізується варіант 3 великого рівня вкладень у розвиток ОВТ традиційного виду (випадок 2.2).

Умовні щільності ймовірностей значень ознак, при справедливості введених гіпотез, будемо вважати відомими функціями, які позначимо: $f_1(P_1 / A_1), f_2(P_1 / A_2)$ і $\phi_1(P_2 / B_1), \phi_2(P_2 / B_2)$ для гіпотез A_1, A_2, B_1, B_2 відповідно.

Дані щільності ймовірностей мають вигляд розподілення Релея. В цьому не важко переконатись. Дійсно, з досвіду відомо зниження ймовірності прийняття невірної рішення щодо реалізуємості варіанту вкладень засобів по мірі зростання абсолютного значення ознаки, яка характеризує варіант в умовах факторів, що заважають прийняттю рішень. Ця залежність носить експоненціальний характер у вигляді

$$F_i(P_1) = \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], \quad i = 1, 2;$$

$$\Phi_j(P_2) = \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], \quad j = 1, 2,$$

де $1/(2\alpha_i^2), 1/(2\beta_j^2)$ – швидкості зниження ймовірностей.

Тоді ймовірності прийняття правильних рішень мають вигляд:

$$1 - F_i(P_1) = 1 - \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], \quad i = 1, 2;$$

$$1 - \Phi_j(P_2) = 1 - \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], \quad j = 1, 2,$$

звідси отримаємо пошукові щільності цих ймовірностей (розподілення Релея) у вигляді (рис. 1, 2).

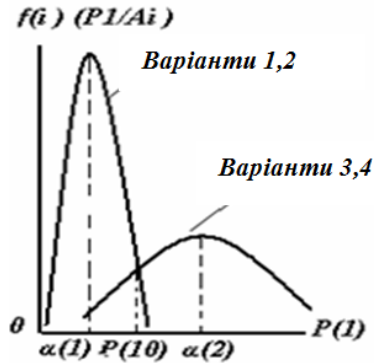


Рис. 1. Щільності ймовірностей ознак прогнозування реалізації 1-го, 2-го, 3-го, 4-го варіантів розвитку ОВТ

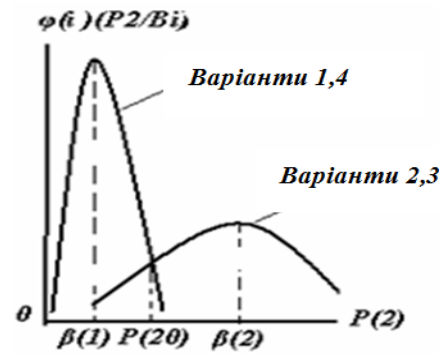


Рис. 2. Щільності ймовірностей ознак прогнозування реалізації 1-го, 4-го, 2-го, 3-го варіантів розвитку ОВТ

$$f_i\left(\frac{P_1}{\alpha_i}\right) = \frac{P_1}{\alpha_i^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], \quad i = 1, 2;$$

$$\phi_j\left(\frac{P_2}{\beta_j}\right) = \frac{P_2}{\beta_j^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], \quad j = 1, 2. \quad (1)$$

Що і вимагалось показати.

Кожна з гіпотез $A_i, B_j, i=1,2; j=1,2$ є об'єднанням двох гіпотез, які обираються з наступної множини гіпотез (випадків):

C_{11} – випадок 1.1 (песимістичне рішення щодо реалізації варіанту 1 (малого рівня вкладень у кожне з напрямків розвитку));

C_{12} – випадок 1.2 (консервативне рішення щодо реалізації варіанту 2 (малого рівня вкладень у розвиток роботизації і більшого – у розвиток ОВТ традиційного виду));

C_{21} – випадок 2.1 (прогресивне рішення щодо реалізації варіанту 4 (великого рівня вкладень у ро-

ботизацію і малого – у розвиток зразків ОВТ традиційного виду)).

C_{22} – випадок 2.2 (оптимістичне рішення щодо реалізації варіанту 3 (великого рівня вкладень у роботизацію і великого рівня вкладень у розвиток зразків ОВТ традиційного виду).

При цьому мають місце наступні об'єднання:

$$A = C_{22} \cup C.$$

Значення ознак P_1 , P_2 вважаються статистично незалежними, що справедливо при слабкому впливі викривлених випадкових загальних факторів на результати інвестування засобів.

З введених чотирьох гіпотез A_i , B_j ($i=1,2$; $j=1,2$) можливо отримати гіпотези C_{ij} як перетинання відповідних гіпотез A_i , B_j , а саме,

$$C_{ij} = A_i \cap B_j, \quad i=1,2; j=1,2;$$

з двомірними умовними щільностями ймовірностей ознак P_1 і P_2 у вигляді

$$\phi_{ij}\left(\frac{P_1}{A_i}, \frac{P_2}{B_j}\right) = f_i\left(\frac{P_1}{A_i}\right) \cdot \phi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right), \quad i=1,2, j=1,2. \quad (2)$$

Достовірності прогнозування кожної з прогнозованих ситуацій (варіантів розвитку процесу роботизації), шляхом порівняння наявних значень ознак P_1 і P_2 з відповідними порогами P_{10} і P_{20} , обраними, наприклад, за критерієм “ідеального спостерігача”, не важко оцінити, розраховуючи ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прогнозування кожній з цих ситуацій.

Умовні щільності ймовірностей правильного прогнозування та помилок прогнозування створюють матрицю

$$\begin{pmatrix} F_{11}^{11} & F_{12}^{11} & F_{21}^{11} & F_{22}^{11} \\ F_{11}^{12} & F_{12}^{12} & F_{21}^{12} & F_{22}^{12} \\ F_{11}^{21} & F_{12}^{21} & F_{21}^{21} & F_{22}^{21} \\ F_{11}^{22} & F_{12}^{22} & F_{21}^{22} & F_{22}^{22} \end{pmatrix}, \quad (3)$$

де елементи являють собою кількісну оцінку умовних щільностей ймовірності:

F_{11}^{11} – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту 1, яка в числовому вимірюванні дорівнює ймовірності сумісної справедливості гіпотез A_1 і B_1 ;

F_{12}^{11} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 1, внаслідок схожості гіпотези A_1 як для першого, так і для другого варіантів, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_1 і несправедливості гіпотези B_1 ;

F_{21}^{11} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 1, внаслідок схожості гіпотези B_1 як для першого, так і для четвертого варіантів, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотез B_1 і несправедливості гіпотези A_1 ;

F_{22}^{11} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 1, яка дорівнює ймовірності сумісної несправедливості і гіпотези A_1 , і гіпотези B_1 ; ця подія сумісної несправедливості доповнює події, які перераховані вище, до повної групи подій з гіпотезами A_1 і B_1 ;

F_{11}^{12} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 2, яка дорівнює ймовірності сумісної справедливості гіпотези A_1 та несправедливості гіпотези B_2 ;

F_{12}^{12} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 2, яка в числовому вимірюванні дорівнює ймовірності сумісної справедливості і гіпотези A_1 , і гіпотези B_2 ;

F_{21}^{12} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 2, яка дорівнює ймовірності несправедливості і гіпотези A_1 , і гіпотези B_2 ;

F_{22}^{12} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 2, дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези A_1 і справедливості гіпотези B_2 ;

F_{11}^{21} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 4, дорівнює ймовірності справедливості гіпотези B_1 і несправедливості гіпотези A_2 ;

F_{12}^{21} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 4, яка дорівнює ймовірності сумісної несправедливості і гіпотези A_2 , і гіпотези B_1 ;

F_{21}^{21} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 4, яка в числовому вимірюванні дорівнює ймовірності сумісної справедливості і гіпотези A_2 , і гіпотези B_1 ;

F_{22}^{21} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_2 і несправедливості гіпотези B_1 ;

F_{11}^{22} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 3, яка дорівнює ймовірності несправедливості і гіпотези A_2 , і гіпотези B_2 ;

F_{12}^{22} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 3, яка дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези A_2 і справедливості гіпотези B_2 ;

F_{21}^{22} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 3, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези A_2 і несправедливості гіпотези B_2 ;

F_{22}^{22} – ймовірність помилки прогнозування реалізації варіанту 3, яка дорівнює ймовірності сумісної справедливості і гіпотези A_2 , і гіпотези B_2 ;

При цьому, в силу незалежності реалізацій ознак P_1 і P_2 , кожен елемент матриці F являє собою множення ймовірностей у вигляді

$$F_{kl}^{ij} = R_k^i \cdot N_l^j, \quad i, j, k, l \in \{1, 2\}, \quad (4)$$

де R_1^1 – ймовірність справедливості гіпотези A_1 , яка дорівнює

$$R_1^1 = \int_0^{P_{10}} f_1(x / A_1) dx;$$

де N_1^1 – ймовірність справедливості гіпотези B_1 , яка дорівнює

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \phi_1(y / B_1) dy;$$

R_2^1 – ймовірність несправедливості гіпотези A_1 , яка дорівнює

$$R_2^1 = 1 - R_1^1;$$

N_2^1 – ймовірність несправедливості гіпотези B_1 , яка дорівнює

$$N_2^1 = 1 - N_1^1;$$

R_1^2 – ймовірність несправедливості гіпотези A_2 , яка дорівнює

$$R_1^2 = \int_0^{P_{10}} f_2(x / A_2) dx;$$

R_2^2 – ймовірність несправедливості гіпотези A_2 , яка дорівнює

$$R_2^2 = 1 - R_1^2;$$

N_1^2 – ймовірність несправедливості гіпотези B_2 , яка дорівнює

$$N_1^2 = \int_0^{P_{20}} \phi_2(y / B_2) dy;$$

N_2^2 – ймовірність несправедливості гіпотези B_2 , яка дорівнює

$$N_2^2 = 1 - N_1^2.$$

Відповідно, матрицю F можливо представити у загальному завершеному вигляді

$$F = (R_1^1 N_1^1 \quad R_1^1 (1 - N_1^1) \quad (1 - R_1^1) N_1^1 \quad (1 - R_1^1) (1 - N_1^1)). \quad (5)$$

Видно, що матриця (5) (назвемо її матрицею достовірності прогнозування) є стохастичною; сума елементів кожної її строки дорівнює одиниці.

Враховуючи конкретний вигляд (1) функцій f_i і ϕ_j , отримуємо умовні ймовірності у вигляді:

$$\begin{aligned} R_1^1 \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{\alpha_1^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_1^2}\right] dP_1 = \\ 1 - \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_1^2}\right]; \quad R_2^1 \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_1^2}\right]; \\ N_1^1 \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_1^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_1^2}\right] dP_2 = \\ = 1 - \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2}\right]; \quad N_2^1 \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2}\right]; \quad (6) \\ R_1^2 \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{\alpha_2^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_2^2}\right] dP_1 = \\ = 1 - \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_2^2}\right]; \quad R_2^2 \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_2^2}\right]; \\ N_1^2 \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_2^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_2^2}\right] dP_2 = \\ = 1 - \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2}\right]; \quad N_2^2 \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2}\right]. \end{aligned}$$

При застосуванні критерію “ідеального спостерігача” значення порогів P_{10} и P_{20} можуть бути знайдені шляхом вирішення рівнянь:

$$f_1\left(\frac{P_{10}}{A_1}\right) = f_2\left(\frac{P_{10}}{A_2}\right); \quad \phi_1\left(\frac{P_{20}}{B_1}\right) = \phi_2\left(\frac{P_{20}}{B_2}\right).$$

Дані рішення мають вигляд:

$$\begin{aligned} P_{10} = 2\alpha_1\alpha_2 \left\{ (\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2) / (\alpha_1^2 - \alpha_2^2) \right\}^{0,5}; \\ P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \left\{ (\ln \beta_1 - \ln \beta_2) / (\beta_1^2 - \beta_2^2) \right\}^{0,5}. \quad (7) \end{aligned}$$

Таким чином, якщо параметри розподілів f_i і ϕ_j , $i=1,2$; $j=1,2$, відомі, то елементи матриці достовірності також відомі, що дозволяє отримати з неї повну інформацію про ймовірності правильного прогнозування і помилки прогнозування. Так, ймовірності правильного прогнозування реалізації кожного з варіантів розвитку, згідно (5), дорівнюють:

- 1) першого варіанту – $R_1^1 N_1^1$;
- 2) другого варіанту – $R_1^1 (1 - N_1^1)$;
- 3) третього варіанту – $(1 - R_1^2) (1 - N_1^2)$;
- 4) четвертого варіанту – $(1 - R_1^2) N_1^1$.

Безумовно ймовірність правильного прогнозування пропорційна сумі діагональних елементів ма-

триці достовірності і при рівноймовірних апріорних ймовірностях реалізації варіантів дорівнює

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2) (1 - N_1^2)], \quad (8)$$

а безумовна ймовірність похибки прогнозування має вигляд

$$Q = 1 - D. \quad (9)$$

Приклад.

Припустимо дослідним шляхом встановлено, що найбільш імовірні значення ознак кожного з варіантів відомі і дорівнюють:

– для варіанту 1 і для варіанту 2 рівень вкладень на розвиток роботизації близький до нульового та дорівнює (в умовних одиницях) $\alpha_1 = 0,041$;

– для варіанту 3 та для варіанту 4 рівень вкладень на розвиток роботизації великий і дорівнює $\alpha_2 = 0,653$;

– для варіанту 1 та для варіанту 4 рівень вкладень на розвиток ОВТ традиційного типу малий та дорівнює $\beta_1 = 0,301$;

– для варіанту 2 та для варіанту 3 рівень вкладень і на розвиток роботизації, і на розвиток ОВТ традиційного типу великий і дорівнює $\beta_2 = 0,778$.

За результатами вимірювань ознак потрібно визначити:

а) значення ймовірностей правильного прогнозування і умовних ймовірностей похибок прогнозування реалізації кожного з варіантів, якщо фактичне значення кожної ознаки (вкладення засобів) звичайно має відхилення від того, що очікується і розподілене за законом Релея;

б) визначити елементи матриці достовірності, маючи на меті реально можливе попарне співпадіння розподілів ознак прогнозування реалізації варіантів;

в) значення умовних ймовірностей похибок прогнозування кожного варіанту;

г) значення безумовної ймовірності правильного прогнозування, якщо відомо, що апріорні ймовірності реалізації варіантів співрозмірні;

д) значення безумовної ймовірності помилкового прогнозування.

Рішення

Згідно (7) порогові значення розподілів ознак дорівнюють:

$$P_{10} = 2\alpha_1\alpha_2 \{(\ln \alpha_1 - \ln \alpha_2) / (\alpha_1^2 - \alpha_2^2)\}^{0,5} = 0,14;$$

$$P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \{(\ln \beta_1 - \ln \beta_2) / (\beta_1^2 - \beta_2^2)\}^{0,5} = 0,7.$$

а) у відповідності з (6) і (5) ймовірності правильного прогнозування варіантів дорівнюють:

$$1) R_1^1 N_1^1 = 0,888; \quad 2) R_1^1 (1 - N_1^2) = 0,870;$$

$$3) (1 - R_1^2)(1 - N_1^2) = 0,855;$$

$$4) (1 - R_1^2) N_1^1 = 0,873;$$

б) згідно (5) з рахуванням (6) матриця F достовірності прогнозування об'єктів має вигляд:

$$\begin{pmatrix} 0,888 & 0,107 & 0,004 & 0,001 \\ 0,126 & 0,870 & 0,001 & 0,003 \\ 0,019 & 0,002 & 0,873 & 0,106 \\ 0,003 & 0,019 & 0,123 & 0,855 \end{pmatrix};$$

в) у відповідності з (8), враховуючи (6), знаходимо безумовну ймовірність правильного прогнозування всієї сукупності варіантів реалізації

$$D = \frac{1}{4} [R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2) (1 - N_1^2)] = 0,87;$$

г) ймовірність помилкового прогнозування сукупності варіантів реалізації напрямків розвитку ОВТ згідно (9) дорівнює

$$Q = 1 - D = 0,13;$$

д) ймовірності помилкового прогнозування варіантів конкретного номера визначаються додатком ймовірностей помилок відповідної строки матриці достовірності (5), а саме, недиагональних елементів строки.

Отримуємо безумовні ймовірності помилок:

1) для варіанту 1 –

$$Q_1 = F_{12}^{11} + F_{21}^{11} + F_{22}^{11} = 0,111;$$

2) для варіанту 2 –

$$Q_2 = F_{11}^{12} + F_{21}^{12} + F_{22}^{12} = 0,130;$$

3) для варіанту 3 –

$$Q_3 = F_{11}^{22} + F_{12}^{22} + F_{21}^{22} = 0,127;$$

4) для варіанту 4 –

$$Q_4 = F_{11}^{21} + F_{12}^{21} + F_{22}^{21} = 0,145.$$

Висновки

1. Розглянута модель стохастичної оцінки достовірності прогнозування варіантів розвитку, дозволяє отримати достатньо достовірну інформацію, навіть у випадку попарного не перетинання гіпотез (ознак варіантів).

2. Важливою є вимога розрізненості прогнозованих варіантів хоча б по одній з ознак для кожного з варіантів.

3. Практичне застосування стохастичної моделі полягає у наданні можливості командирів десантно-штурмового підрозділу корегувати своє рішення з метою визначення напрямків подальшого розвитку ОВТ, яке є у його розпорядженні.

Список літератури

1. Demianchuk B.O. Simulation of the processes of evaluation and functionality restoration of the technical-economic system / B.O. Demianchuk, N.O. Kolesnychenko, V.M. Kosarev // *Structural transformations and problems of information economy formation. Collective monograph. Alfred Nobel University USA.* – 2018. – P. 204-223.
2. Клименко В.М. Прогнозування оцінки виграшу і ризику рішень, що приймаються в умовах бойової протидії / В.М. Клименко, Б.О. Дем'ячук // *Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил.* – 2010. – Вип. 1 (21). – С. 23-26.
3. Григор'єв О.П. Модель обґрунтування оперативного-тактичних вимог і тактико-технічних характеристик до наземних бойових робототехнічних комплексів / О.П. Григор'єв, О.І. Кравчук, В.К. Набок // *Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса).* – Одеса: ВА, 4. Борисюк М.Д. Військова гусенична машина з електрохімічною енергетичною установкою. Патент України №83016, 10.06.2008 р. / М.Д. Борисюк, О.Ф. Дяченко, Р.С. Розвод.
5. Автоматизовані робототехнічні системи озброєнь: новий виклик військовій безпеці України, 2016. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.niss.gov.ua/content/articles/.../Ozhevan-86924.pdf.
6. Автоматизация и роботизация поля боя: ответ на военную угрозу, 01.2018. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: opk.com.ua/автоматизация-и-роботизация-поля-боя.
7. Latiff R. Future war. Preparing for the New Global Battlefield [Електронний ресурс] / Robert H. Latiff. – Режим доступу: <https://www.kirkusreviews.com>.
8. Hecht, Jeff. Top 10: Weapons of the future [Електронний ресурс] / Jeff Hecht // *The New Scientist.* – 2016. 4 September. – Режим доступу: <https://www.newscientist.com>.
9. Defense for Acquisition, Technology and Logistics. Washington, 2016. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.hsdl.org>.
10. Singer Peter W. Military Robots and the Laws of War / Peter W. Singer // *Brookings.* February 11, 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.brookings.edu/articles>.
11. The Autonomous Weapons: An Open Letter from AI&Robotic Researchers. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons>.
12. Вэй С. Автоматические транспортные средства снабжения для солдат на поле боя [Електронний ресурс] / С. Вэй. – Режим доступу: <http://www.army-guide.com>.

References

1. Demianchuk B.O., Kolesnychenko N.O. and Kosarev, V.M. (2018), Simulation of the processes of evaluation and functionality restoration of the technical-economic system, *Structural transformations and problems of information economy formation. Collective monograph*, Alfred Nobel University USA, pp. 204-223.
2. Klimenko, V.M. and Demianchuk, B.O. (2011), "Statystychna model dlya ocinky imovirnosti dosyagnennya mety boyovoy protydyiy" [Statistical model for assessing the probability of achieving the goal of combat counteraction], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 1 (5), pp. 44-47.
3. Grigoriev, O.P., Kravchuk, O.I. and Nabok, V.K. (2014), "Model obgruntuvanja operatyvno-tactychnyh vymog i tactyco-tehnichnyh haracterystyc do nazemnyh bojovyh robototekhnichnyh kompleksiv" [Justification model of operational-tactical requirements and tactical and technical characteristics to ground combat robotic complexes], *Collection of scientific works. Military Academy*, Odessa.
4. Borysyuk, M.D., Dyachenko, O.F. and Rozvod, R.S. (2008), "Viyskova gusenichna maschyna z elektrochimichnoju energytychnoju ustanovkoju" [*Military caterpillar machine with an electrochemical power plant*], Patent of Ukraine № 83016, 10.06.2008.
5. (2016), *Automated robotic weapon systems: a new challenge to Ukraine's military security*, Electronic resource, Access mode: www.niss.gov.ua/content/articles/.../Ozhevan-86924.pdf.
6. (2018), *Automation and robotization of the battlefield: the response to a military threat 01.2018*, Electronic resource, Access mode: opk.com.ua/автоматизация-и-роботизация-поля-боя.
7. Latiff, R. *Future war. Preparing for the New Global Battlefield*, Access mode: <https://www.kirkus-reviews.com>.
8. Hecht, Jeff (2016), Top 10: Weapons of the future, *The New Scientist.* 2016. 4 September, Electronic resource, Access mode: <https://www.newscientist.com>.
9. (2016), *Defense for Acquisition, Technology and Logistics*, Washington, Electronic resource, Access mode: <https://www.hsdl.org>.
10. Singer Peter, W. (2009), Military Robots and the Laws of War, *Brookings.* February 11, 2009, Electronic resource, Access mode: <https://www.brookings.edu/articles>.
11. *The Autonomous Weapons: An Open Letter from AI&Robotic Researchers*, Electronic resource, Access mode: <http://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons>.
12. Vey, S. (2012), "Автоматические транспортные средства снабжения для солдат на поле боя" [*Automatic supply vehicle of soldiers on the battlefield*], Electronic resource, Access mode: <http://www.army-guide.com>.

Надійшла до редколегії 7.06.2018

Схвалена до друку 17.07.2018

Відомості про авторів:

Клименко Вадим Миколайович
кандидат військових наук доцент
начальник кафедри
Військової академії,
Одеса, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9144-2362>

Дем'янчук Борис Олександрович
доктор технічних наук доцент
завідувач кафедри
Військової академії,
Одеса, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

Information about the authors:

Vadym Klimenko
Candidate of Military Sciences Associate Professor
Head of Department
of Military Academy,
Odesa, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9144-2362>

Boris Demianchuk
Doctor of Engineering Science Associate professor
Head of Department
of Military Academy,
Odesa, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2862-9412>

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ РЕАЛИЗУЕМОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ
РОБОТИЗАЦИИ ОРУЖИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ ДЕСАНТНО-ШТУРМОВЫХ ВОЙСК
ПРИ ПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ГИПОТЕЗАХ**

В.М. Клименко, Б.О. Демьянчук

Методом сравнения гипотез об ожидаемых вариантах вложения средств в развитие роботизации и в наращивание традиционных видов ВВТ построена стохастическая матрица прогнозных значений вероятности реализации каждого из вариантов при пересекающихся законах распределения случайных исходных данных о затратах на развитие каждой из альтернатив.

Ключевые слова: альтернативные варианты военно-технического развития, роботизация вооружения, статистические оценки, прогнозирование при пересекающихся гипотезах.

**COMPARATIVE EVALUATION OF THE REALIZATION OF ALTERNATIVE OPTIONS
FOR ROBOTIZATION OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT OF AIR ASSAULT TROOPS
FOR INTERSECTING HYPOTESIS**

V. Klimenko, B. Demianchuk

The purpose of the article is to examine the model of stochastic assessment of the reliability of development options forecasting, which allows obtaining sufficiently reliable information, even in the case of pairwise ignorance of the signs of options.

The method of comparing hypotheses about variants of investment of the means expected in the development of robotization and in the expansion of traditional types of weapons and military equipment was used to built a stochastic matrix of predictive values of the probability of realization of each option according to the rules of the Relay distribution of random source data, the costs of development of types of weapons and military equipment for each of the alternatives.

The model of stochastic estimation of reliability of prediction of development variants is considered, it allows to receive sufficiently reliable information, even in the case of pairwise non-crossing of hypotheses (signs of variants).

It is important that the predicted variants differ by at least one of the characteristics for each of the variants.

Practical usage of stochastic model is to give the opportunity to the commander of the air assault unit to correct his decision in order to determine the directions of the further development of weapons and military equipment which are available.

Keywords: alternative variants of military-technical development, armament robotization, statistical estimations, forecasting with intersecting hypotheses.