

УДК 62-5198.8

**І.В. Пустовіт**

*Військова академія (м. Одеса), Україна*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ БОЙОВОЇ ПОТРЕБИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПІДРОЗДІЛІВ ЧАСТИНИ РАКЕТАМИ І БОЄПРИПАСАМИ**

*Запропонована методика визначення прогнозних оцінок ймовірностей реалізації варіантів потреби в забезпеченні підрозділів частини ракетами і боєприпасами під час підготовки її до дій в обороні, за умов відомої кількості визначених варіантів бойового протистояння і відповідно різних (за обсягом потрібних ракет і боєприпасів) варіантів їх поєднань та за умов пересічення гіпотез про обсяги очікуваних потреб. Методику прогнозування методом перевірки статистичних гіпотез доцільно застосовувати під час планування технічного забезпечення бойових дій.*

**Ключові слова:** *забезпеченні бойових дій, варіанти потреби в ракетах і боєприпасах, стохастична модель прогнозування, ймовірності реалізації варіантів бойової потреби, метод перевірки статистичних гіпотез.*

**Постановка проблеми.** Під час підготовки до бою частини в обороні відіграє найважливішу роль обґрунтування очікуваної потреби в ракетах і боєприпасах. Досягненню мети бою в обороні, як відомо, перешкоджає не тільки традиційна обмеженість наявних обсягів потрібних ресурсів ракет і боєприпасів та їх нераціональне використання, але й неефективне управління їх розподілом, перш за все, під час планування забезпечення через недосконале прогнозування потреб навіть у випадку, коли ймовірніші варіанти протистояння достовірно визначені. Управління цим важливим ресурсом технічного забезпечення бойових дій включає, як відомо, завдання: організацію планування; розподіл ресурсів на основі науково-обґрунтованого прогнозування обсягів потреб; виконання плану реалізації вкладених ресурсів з деякою корекцією згідно до обставин, що складаються протягом бою. Але цей рівень корекції не повинен перевищувати наявний ресурс забезпечення з урахуванням всіх його складових, у тому числі автотранспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасний стан і перспективний розвиток засобів і способів бойової протидії характеризується у відомих публікаціях сталим нарощуванням вогневої потужності протистояння, все більшими витратами ракет і боєприпасів не тільки в наступі, але і в обороні. Набуває актуальності питання науково-обґрунтованого планування бойових дій, а саме, їх матеріально-технічного забезпечення, як правило, за умов обмежених ресурсів

Фундаментальні роботи відомих вчених, С.А. Саркісяна, П. Фішберна, Д. Марси, присвячені проблемі об'єктивного обліку інформаційних ознак із сукупності вихідних даних та практичному застосуванню їх в задачах прийняття управлінських рішень та прогнозування наслідків цих рішень.

На сучасному етапі розвитку методів та моделей прогнозування розвитку соціально-економічних процесів суттєву роль відіграють роботи українських вчених. Особливо відомі роботи академіків НАН України В.С. Михалевича, І.В. Сергієнка та вчених Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

В останні десятиріччя триває наукова дискусія між прихильниками раціональної поведінки під час підготовки і прийняття рішень та прихильниками урахування нераціональної поведінки осіб, що приймають рішення, через «асиметричну реакцію цих осіб на можливі втрати і придбання» [14, с. 257.].

Опоненти дискусії, Вернон Сміт і Деніел Канеман, займали протилежні позиції. Однак, комітет з Нобелівських премій у 2002 р прийняв об'єктивне рішення: вони разом отримали Нобелівську премію [15, с. 9].

Теорія прийняття рішень і практика підтверджують необхідність і раціонального, і евристичного зачатків. Неминучі при цьому три етапи: етап підготовки рішення за допомогою моделі функції корисності та ризику, яка повинна адекватно відображати зв'язки рівнів придбання і втрат з ймовірностями їх появи в умовах протидії протидіючих сторін; етап властиво прийняття вольового рішення особою, яка, як правило, «асиметрично реагує на можливі втрати і придбання»; етап прогнозування наслідків прийнятого рішення шляхом обробки обмеженої сукупності вихідних даних [16, с. 105].

Зокрема, зараз набувають актуальності задачі прогнозування реалізації планів шляхом визначення оцінок достовірності прогнозування найбільш ймовірного варіанту потреби в ресурсах по обмеженому числу ознак при пересічних гіпотезах про обсяги потреб для реалізації цих планів. У той же час, як показує аналіз, за умов, коли під час поєднання ресурсів, ознаки збігаються не повністю, це дозволяє досягати прийнятну для практики достовірність рішення зазначеної науково – управлінської задачі системи технічного забезпечення бойових дій частини ракетами і боєприпасами.

Для оцінки реалізуєності варіантів інвестування у рамках ДПП в розпорядженні органів виконавчої влади, а також у відповідних Головних управліннях статистики завжди є інформація про заплановані розподіли наявних або очікуваних обсягів інвестування, тобто статистична інформація про ознаки, які є інформаційною основою для вирішення зазначеної задачі.

**Метою статті** є вирішення науково-управлінської задачі прогнозування реалізації варіантів потреби в забезпеченні підрозділів частини ракетами і боєприпасами під час підготовки її до дій в обороні, за умов пересічення гіпотез про обсяги очікуваних потреб, за допомогою методики на основі стохастичної моделі для оцінки ймовірностей реалізації альтернативних рішень, що досліджуються на етапі планування.

Оцінки достовірності реалізації варіантів потреби в ракетах і боєприпасах у різних за обсягом поєднаннях їх обсягів необхідно здійснювати в умовах неточних даних про фактично доцільний розподіл обсягів. Це нерідко зустрічається в реальних умовах. Ці оцінки виявляються особливо актуальними в умовах пересічення гіпотез, яке завжди існує через невизначеності випадкового та антагоністичного характеру. Останні спричиняються, перш за все, зловмисними діями супротивника. Згідно до висловлення німецького воєнного теоретика Карла Клаузевіца (1780 – 1831): «Воєнні дії є сукупністю дій, що здійснюються під час темряви або, у будь-якому випадку, сутінків». Але йому заперечував французький імператор Наполеон Бонапарт (1769 – 1821): «Передбачення – це швидко зроблений розрахунок».

**Виклад основного матеріалу.** Побудова моделі для прогнозування реалізації варіантів, що є альтернативними в умовах конкуруючих гіпотез про розрізнення за двома ознаками кожного, доцільно починати з визначення ознак, наприклад, коли маємо чотири запланованих (можливих) варіанта потреби частини в ракетах і боєприпасах. Нехай ознаки є у вигляді наявних обсягів ракет і боєприпасів, що перетинаються попарно. Визначимо ознаки, намічувані обсяги забезпечення, тобто варіанти можливої потреби в ракетах і боєприпасах в залежності від варіантів розгортання бою в обороні.

- $P_1$  – ознака обсягу потреби частини в ракетах для її бою в обороні ;
- $P_2$  – ознака обсягу потреби частини в боєприпасах для її бою в обороні.

Варіанти реалізації потрібних обсягів, що залежать від варіантів дій супротивника, з урахуванням відповідного розподілу ознак  $P_1, P_2$ , представимо у вигляді наступного переліку.

1. Малий рівень обсягів потреби і в ракетах, і в боєприпасах.
2. Малий рівень обсягів потреби в ракетах і великий – в боєприпасах.
3. Великий рівень обсягів потреби і в ракетах, і в боєприпасах.
4. Великий рівень обсягів потреби в ракетах і малий – в боєприпасах.

З зазначених переліків випливає, що характеристики кожного з варіантів мають хоча б одну відмінність від характеристик будь-якого з варіантів. Кількісні відмінності 4-х варіантів є наступними.

1. Малому рівню обсягу потреби в ракетах та малому рівню обсягу потреби в боєприпасах відповідає малий рівень ознак  $P_1$  і  $P_2$ .

2. Малому рівню обсягу потреби в ракетах та великому рівню обсягу потреби в боєприпасах відповідає малий рівень ознаки  $P_1$  і великий рівень ознаки  $P_2$ .

3. Великому рівню обсягу потреби в ракетах та великому – в боєприпасах відповідає великий рівень ознаки  $P_1$  і великий рівень ознаки  $P_2$ .

4. Великому рівню обсягу потреби в ракетах і малому рівню потреби в боєприпасах відповідає великий рівень ознаки  $P_1$  і малий рівень ознаки  $P_2$ .

*Задача зводиться* до визначення значень ймовірності реалізації та умовних ймовірностей помилок прогнозу реалізації кожного з 4-х варіантів потреби (за результатами реальної неминучої розмитості ознак, тобто за результатами зазвичай неточних даних (через невизначеності випадкового і антагоністичного характеру) про обсяг очікуваних дійсних потреб і в ракетах, і в боєприпасах.

В силу недостатньої розрізнюваності варіантів по кожному з ознак, спостережуване значення ознаки  $P_1$  дозволяє висловити лише дві гіпотези:

-  $A_1$  ( $P_1$  – малого рівня): реалізується варіант 1 (випадок 1.1) або варіант 2 (випадок 1.2);

-  $A_2$  ( $P_1$  – великого рівня): реалізується варіант 3 (випадок 2.2) або варіант 4 (випадок 2.1).

Аналогічно, спостережуване значення ознаки  $P_2$  дозволяє судити про справедливість однієї з двох наступних гіпотез:

-  $B_1$  ( $P_2$  – малого рівня): реалізується варіант 1 (випадок 1.1) або варіант 4 (випадок 2.1);

-  $B_2$  ( $P_2$  – великого рівня): реалізується варіант 2 (випадок 1.2), або варіант 3 (випадок 2.2).

Умовні щільності ймовірностей значень ознак через велику кількість випадкових факторів, які впливають на їх величину, при справедливості введених гіпотез будемо вважати відомими функціями.

Для гіпотез  $A_1, A_2$  і  $B_1, B_2$  позначимо їх у вигляді:

$$f_1(P_1/A_1), f_2(P_1/A_2); \quad \varphi_1(P_2/B_1), \varphi_2(P_2/B_2).$$

Неважко переконатися, що ці щільності ймовірностей мають вигляд розподілу Релея. Дійсно, з досвіду відомо, зниження ймовірності прийняття неправильного рішення про реалізацію варіанта із зростанням абсолютного значення ознаки реалізованості в умовах факторів, що заважають прийняттю рішень. Кожна така залежність носить експоненційний характер наступного виду:

$$F_i(P_1) = \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], i=1,2; \quad F_j(P_2) = \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2; \quad (1)$$

де  $1/(2\alpha^2), 1/(2\beta^2)$  – швидкості зниження ймовірностей прийняття невірною рішення про реалізацію варіантів забезпечення частини.

Отже, ймовірність прийняття правильних рішень (як протилежних явищ) мають вигляд:

$$1 - F_i(P_1) = 1 - \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], i=1,2; \quad 1 - F_j(P_2) = 1 - \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2;$$

Звідси, в результаті диференціювання цих ймовірностей у вигляді розподілу Релея (рисунки 1, 2), отримуємо густини ймовірностей:

$$f_i\left(\frac{P_1}{A_i}\right) = \frac{P_1}{\alpha_i^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_i^2}\right], i=1,2; \quad \varphi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right) = \frac{P_2}{\beta_j^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_j^2}\right], j=1,2; \quad (2)$$

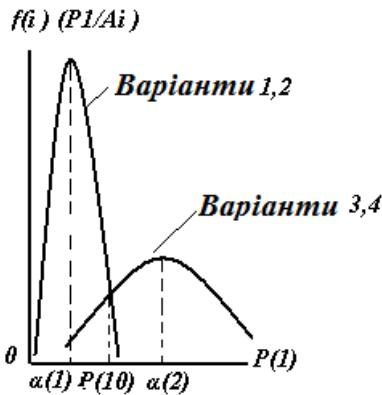


Рис. 1 – Густина ймовірностей обсягів потреби ракет згідно до 1-го, 2-го та 3-го, 4-го варіантів

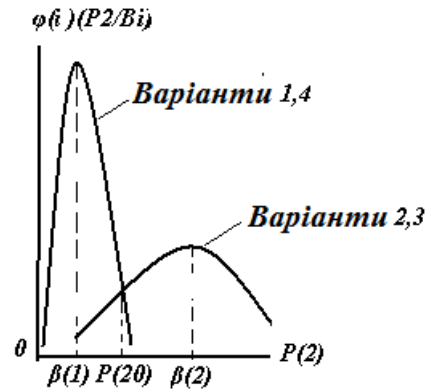


Рис. 2 – Густина ймовірностей обсягів потреби боєприпасів згідно 1-го, 4-го та 2-го, 3-го варіантів

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

- $C_{11}$  – випадок 1.1 (рішення про реалізацію варіанта-1);
- $C_{12}$  – випадок 1.2 (рішення про реалізацію варіанта-2);
- $C_{21}$  – випадок 2.1 (рішення про реалізацію варіанта-4);
- $C_{22}$  – випадок 2.2 (рішення про реалізацію варіанта-3).

При цьому мають місце наступні об'єднання гіпотез у вигляді:

$$A_1 = C_{11} \cup C_{12}; \quad A_2 = C_{21} \cup C_{22}; \quad B_1 = C_{11} \cup C_{21}; \quad B_2 = C_{12} \cup C_{22}.$$

Спостережувані значення ознак  $P_1, P_2$  вважаються статистично незалежними, що справедливо при слабкому впливі загальних випадкових факторів на спотворення результатів спостереження ознак.

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

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

З двовимірними умовними густинами ймовірностей ознак  $P_1$  і  $P_2$  у вигляді:

$$\psi_{ij}\left(\frac{P_1}{A_i}, \frac{P_2}{B_j}\right) = f_i\left(\frac{P_1}{A_i}\right) \cdot \varphi_j\left(\frac{P_2}{B_j}\right), \quad i=1,2 \quad (3)$$

Достовірності прогнозування реалізації кожного з варіантів, що спостерігаються, неважко оцінити, обчислюючи ймовірності прийняття правильних рішень і помилок прийняття рішень при розгляді розподілу обсягів ракет і боєприпасів, що є намічуваними, по кожному з варіантів їх використання. Для цього необхідно порівняти спостережувані значення ознак  $P_1$  і  $P_2$  з відповідними порогоми  $P_{10}$  і  $P_{20}$ , вибраними, наприклад, за критерієм «ідеального спостерігача».

Умовні щільності ймовірностей правильних і помилкових рішень про можливість реалізації відповідних варіантів утворюють матрицю:

$$\begin{pmatrix} F_{11}^{11} & F_{12}^{11} & F_{21}^{11} & F_{22}^{11} \\ F_{11}^{12} & F_{12}^{12} & F_{21}^{12} & F_{22}^{12} \\ F_{11}^{21} & F_{12}^{21} & F_{21}^{21} & F_{22}^{21} \\ F_{11}^{22} & F_{12}^{22} & F_{21}^{22} & F_{22}^{22} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Її елементи є кількісною оцінкою умовних ймовірностей у вигляді:

$F_{11}^{11}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанта 1, яка чисельно дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотез  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{12}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 1, через спільність гіпотези  $A_1$  як для варіанта 1, так і для варіанту 2, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 1, через спільність гіпотези  $B_1$  як для варіанта 1, так і для варіанта 4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_1$ ;

$F_{22}^{11}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 1, що дорівнює ймовірності спільної несправедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_1$ ; це подія спільної несправедливості доповнює події, надані вище, до повної групи подій з гіпотезами  $A_1$  і  $B_1$ ;

$F_{11}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 2, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості гіпотези  $A_1$  і несправедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{12}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту 2, вона чисельно дорівнює ймовірності спільної справедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 2, що дорівнює ймовірності несправедливості і гіпотези  $A_1$ , і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{22}^{12}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 2, яка дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези  $A_1$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{11}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $B_1$  і несправедливості гіпотези  $A_2$ ;

$F_{12}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 4, яка дорівнює ймовірності спільної несправедливості як гіпотези  $A_2$ , так і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{21}^{21}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту 4, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості як гіпотези  $A_2$ , так і гіпотези  $B_1$ ;

$F_{22}^{21}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 4, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотези  $A_2$  і несправедливості гіпотези  $B_1$ ;

$F_{11}^{22}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 3, яка дорівнює ймовірності несправедливості як гіпотези  $A_2$ , так і гіпотези  $B_2$ ;

$F_{12}^{22}$  – ймовірність помилкового рішення про реалізацію варіанта 3, яка дорівнює ймовірності несправедливості гіпотези  $A_2$  і справедливості гіпотези  $B_2$ ;

$F_{21}^{22}$  – ймовірність помилковості рішення про реалізацію варіанта 3, яка дорівнює ймовірності справедливості гіпотезі  $A_2$  і несправедливості гіпотезі  $B_2$ ;

$F_{22}^{22}$  – ймовірність правильного прогнозування реалізації варіанту 3, яка дорівнює ймовірності спільної справедливості як гіпотези  $A_2$ , так і гіпотези  $B_2$ .

При цьому, в силу незалежності реалізацій ознак  $P_1$  і  $P_2$ , кожен елемент матриці  $F$  має вигляд:

$$F_{kl}^{ij} = R_k^i \cdot N_l^j, \quad i, j, k, l \in \{1, 2\}, \quad (5)$$

де – ймовірність справедливості гіпотези  $A_l$ , дорівнює:

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

$N_1^1$  – ймовірність справедливості гіпотези  $B_l$ , дорівнює:

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \varphi_1\left(\frac{y}{B_1}\right) dy;$$

$R_2^1$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $A_l$ , дорівнює:

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

$N_2^1$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $B_l$ , дорівнює:

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

$R_1^2$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $A_2$ , дорівнює:

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

$R_2^2$  – ймовірність справедливості гіпотези  $A_2$ , дорівнює:

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

$N_1^2$  – ймовірність несправедливості гіпотези  $B_2$ , дорівнює:

$$N_1^2 = \int_0^{P_{20}} \varphi_2\left(\frac{y}{B_2}\right) dy;$$

$N_2^2$  – ймовірність справедливості гіпотези  $B_2$ , дорівнює:

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

Отже, матрицю  $F$  можна представити в остаточному вигляді:

$$F = \begin{pmatrix} R_1^1 N_1^1 & R_1^1 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^1) N_1^1 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^1) \\ R_1^1 N_1^2 & R_1^1 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^1) N_1^2 & (1 - R_1^1) (1 - N_1^2) \\ R_1^2 N_1^1 & R_1^2 (1 - N_1^1) & (1 - R_1^2) N_1^1 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^1) \\ R_1^2 N_1^2 & R_1^2 (1 - N_1^2) & (1 - R_1^2) N_1^2 & (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Видно, що матриця (6) (назвемо її *матрицею достовірності прогнозування варіантів потреби частини в ракетах і боеприпасах*) є стохастичною; сума елементів кожного її рядку дорівнює одиниці, тобто вона відображає сукупність ймовірностей подій, що складають повну групу подій під час прогнозування очікуваних варіантів потреби в ракетах і боеприпасах.

Враховуючи конкретний вид (2) функцій  $f_i$  і  $\varphi_j$ , отримуємо умовні ймовірності у вигляді:

$$R_1^1 = \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{\alpha_1^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_1^2}\right] dP_1 = 1 - \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_1^2}\right]; \quad R_1^1 = \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_1^2}\right];$$

$$N_1^1 = \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_1^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_1^2}\right] dP_2 = 1 - \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2}\right]; \quad N_2^1 = \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_1^2}\right];$$

$$\begin{aligned} R_1^2 &= \int_0^{P_{10}} \frac{P_1}{\alpha_2^2} \exp\left[-\frac{P_1^2}{2\alpha_2^2}\right] dP_1 = 1 - \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_2^2}\right]; & R_2^2 &= \exp\left[-\frac{P_{10}^2}{2\alpha_2^2}\right]; \\ N_1^2 &= \int_0^{P_{20}} \frac{P_2}{\beta_2^2} \exp\left[-\frac{P_2^2}{2\beta_2^2}\right] dP_2 = 1 - \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2}\right]; & N_2^2 &= \exp\left[-\frac{P_{20}^2}{2\beta_2^2}\right]; \end{aligned} \quad (7)$$

Під час застосування критерію «ідеального спостерігача» значення порогів  $P_{10}$  і  $P_{20}$  можуть бути знайдені шляхом рішення рівнянь:

$$f_1\left(\frac{P_{10}}{A_1}\right) = f_2\left(\frac{P_{10}}{A_1}\right); \quad \varphi_1\left(\frac{P_{20}}{B_1}\right) = \varphi_2\left(\frac{P_{20}}{B_1}\right).$$

Ці рішення мають вигляд:

$$P_{10} = 2\alpha_1\alpha_2 \left[ \frac{\ln\alpha_1 - \ln\alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right] 0,5; \quad P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \left[ \frac{\ln\beta_1 - \ln\beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right] 0,5. \quad (8)$$

Таким чином, якщо параметри розподілів  $f_i$  і  $\varphi_j$ ,  $i = 1,2; j = 1,2$ , відомі, то елементи матриці достовірності теж відомі. Це дозволяє витягти з неї повну інформацію про ймовірності правильного прогнозування варіантів потреб в ракетах і боєприпасах і про помилки прогнозування. Ймовірності правильного прогнозування потреби згідно до кожного з чотирьох варіантів обчислимо за допомогою простих співвідношень:

1. Для варіанта 1 отримуємо  $R_1^1 N_1^1$ .
2. Для варіанта 2 виходить  $R_1^1 (1 - N_1^2)$ .
3. Для варіанта 3 отримаємо значення ймовірності, що дорівнює  $(1 - R_1^2)(1 - N_1^2)$ .
4. Для варіанта 4 знаходимо невідому ймовірність правильного прогнозування його реалізації у вигляді:  $(1 - R_1^2)N_1^1$ .

Безумовна ймовірність правильного прогнозування потреби обсягів ракет і боєприпасів згідно до всіх варіантів забезпечення дорівнює сумі діагональних елементів матриці достовірності реалізації варіантів та (за умов рівноймовірних апріорних ймовірностях розгляду цих варіантів) вона дорівнює:

$$D = \frac{1}{4} \left[ R_1^1 N_1^1 + R_1^1 (1 - N_1^2) + (1 - R_1^2) N_1^1 + (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) \right], \quad (9)$$

а безумовна ймовірність помилки прогнозування дорівнює:

$$Q = 1 - D. \quad (10)$$

Неважко переконатися, що достовірність прогнозування визначається лише двома факторами: ступенем перекривання густин ймовірностей (див. рис. 1, 2), тобто дисперсіями ознак (тобто розмитістю інформації про очікувані обсяги потреб в ракетах і боєприпасах в кожному з варіантів) та рівнем відрізнення гіпотез, які перетинаються хоча б за однією ознакою, що, у свою чергу, залежить від кількісного співвідношення між числом варіантів, що підлягають реалізації, та числом  $n$  ознак, що забезпечують рішення завдання достовірного прогнозування. У всякому разі, вимога розрізнюваності гіпотез, що перетинаються, хоча б по одній ознаці з  $n$  використовуваних, як можна в цьому переконатися, зазвичай виконується в тому випадку, якщо кількість  $K$  варіантів, що повинні бути розглянутими, не перевищує число  $2^n$ , тобто умова нормальної розрізнюваності



варіантів при прогнозуванні їх реалізації в умовах гіпотез, що перетинаються, і розрізнюваності хоча б за однією ознакою, має вигляд:

$$K_{\max} \leq 2^n \quad (11)$$

**Приклад.**

Нехай встановлено, що найбільш ймовірні значення ознак, тобто очікуваних обсягів потреби по кожному з варіантів їх реалізації, *відомі і дорівнюють*:

- Для варіанта 1 і варіанта 2 деякий середній відносний очікуваний рівень потрібних запасів ракет близький до нульового і дорівнює  $b_1 = 0,041$ ;

- Для варіанта 3 і варіанта 4 середній відносний очікуваний рівень потрібних запасів ракет істотно вище і дорівнює  $b_2 = 0,653$ ;

- Для варіанта 1 і варіанта 4 середній відносний очікуваний рівень потрібних запасів боєприпасів є низьким і дорівнював  $v_1 = 0,301$ ;

- Для варіанта 2 і варіанта 3 середній відносний очікуваний рівень потрібних запасів боєприпасів помітно вище і дорівнює  $v_2 = 0,778$ .

За результатами очікуваних розподілів потрібних обсягів ракет і боєприпасів для кожного з варіантів, в умовах, коли фактичне значення кожного очікуваного обсягу зазвичай має відхилення від очікуваного і розподілено за законом Релея, *потрібно визначити*:

а) значення ймовірностей правильного прогнозування реалізації варіантів потреб в забезпеченні та умовні ймовірності помилкових рішень про реалізацію кожного з варіантів;

б) елементи матриці достовірності, маючи на увазі реально можливий попарний збіг розподілів обсягів потреби;

в) значення умовних ймовірностей помилок прогнозування можливостей реалізації кожного варіанта;

г) значення безумовної ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів потреби, якщо відомо, що апіорні ймовірності розгляду варіантів сумарні;

д) значення безумовної ймовірності помилкового прогнозування можливостей реалізації варіантів.

**Рішення.**

Згідно до (8), порогові значення розподілів обсягів дорівнюють:

$$P_{10} = 2\alpha_1\alpha_2 \left[ \frac{\ln\alpha_1 - \ln\alpha_2}{\alpha_1^2 - \alpha_2^2} \right] 0,5 = 0,14; \quad P_{20} = 2\beta_1\beta_2 \left[ \frac{\ln\beta_1 - \ln\beta_2}{\beta_1^2 - \beta_2^2} \right] 0,5 = 0,7.$$

Одержимо невідомі результати рішення, згідно до заданих умов прикладу. Відповідно до (7), ймовірності правильного прогнозування реалізації варіантів фактичної потреби характеризуються наступною сукупністю ймовірностей:

$$\begin{aligned} 1. \quad R_1^1 N_1^1 &= 0,889 & 2. \quad R_1^1 (1 - N_1^2) &= 0,870 \\ 3. \quad (1 - R_1^2) (1 - N_1^2) &= 0,855 & 4. \quad (1 - R_1^2) N_1^1 &= 0,873 \end{aligned}$$

Згідно до (6), з урахуванням (7), матриця F ймовірностей прогнозування реалізації варіантів, тобто достовірності прогнозування, має вигляд:



$$F = \begin{pmatrix} 0,889 & 0,106 & 0,004 & 0,001 \\ 0,126 & 0,870 & 0,001 & 0,003 \\ 0,020 & 0,002 & 0,873 & 0,105 \\ 0,003 & 0,010 & 0,123 & 0,855 \end{pmatrix}$$

Відповідно до (9), враховуючи (7), знаходимо безумовну ймовірність правильного прогнозування реалізації всієї сукупності досліджуваних варіантів реалізації обсягів забезпечення.

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

Ймовірність помилкового прогнозування можливостей реалізації всієї сукупності варіантів забезпечення, згідно до (10), дорівнює:

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

Ймовірності помилкового прогнозування реалізації кожного з конкретних варіантів визначаються підсумовуванням ймовірностей помилок відповідного рядка матриці достовірності (6), а саме, недиагональних елементів рядка. Отримуємо також безумовні ймовірності помилок прогнозування реалізації варіантів.

1. Для варіанта-1 знаходимо величину у вигляді:

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

2. Для варіанта-2 ця помилка (за умовами прикладу) дещо вища і дорівнює:

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

3. Для варіанта-4 помилка практично не відрізняється від попередньої:

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

4. Для варіанта-3 отримуємо безумовну ймовірність помилки:

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

Що потрібно було визначити кількісно згідно до умов гіпотетичного прикладу.

**Висновки та перспективи подальшого розвитку методики.** 1. З прикладу, який є наведеним виключно з метою ілюстрації особливостей практичного застосування методики, витікає, що, по-перше, більшу ймовірність реалізації мають під час бойових дій перший і третій варіанти потреби в ракетах і боєприпасах; по-друге, саме ці варіанти спричиняють прогнозу рекомендації про доцільність підготовки до технічного забезпечення бою рівних обсягів як ракет, так і боєприпасів.

2. Розглянута методика на основі моделі для стохастичного прогнозування потреби в забезпеченні військ ракетами і боєприпасами, дозволяє отримати достатньо достовірну інформацію навіть при попарній нерозрізненості очікуваних обсягів забезпечення в залежності від варіантів реальних бойових дій частини в обороні. Саме це підтверджують малі рівні ймовірностей помилок, які дорівнюють 11...14 відсоткам.

3. Важливим є вимога розрізненості варіантів потреб хоча б по одній з ознак (обсягів потреб в альтернативних ситуаціях) для кожного з досліджуваних варіантів.

4. Створення і використання програмного продукту, наприклад, у вигляді імітаційної моделі прогнозування бойової потреби в ракетах і боєприпасах, на основі запропонованої методики на основі стохастичної моделі перевірки статистичних гіпотез є безумовно актуальним науково-технічним завданням, тому що це може істотно спростити необхідні розрахунки та заощадити час на вирішення подібних завдань на практиці управління системою технічного забезпечення і скоротити термін підготовки рішень під час підготовки до бою.

5. Методика отримання стохастичних оцінок достовірності прогнозування бойової потреби ракет і боєприпасів є взагалі універсальною, тобто, мабуть, дозволить визначати потреби у будь-яких ресурсах технічного забезпечення, а за умов її впровадження у вигляді програмного продукту, дозволить вирішувати практичні завдання у реальному масштабі часу.

6. Під час практичної реалізації методики, варіанти потреб ресурсів та їх закони статистичного розподілення повинні визначатися, природно, не свавільно, а у щільному зв'язку з варіантами дій супротивника, які очікуються.

### Список використаних джерел

1. Стеценко О. О. *Методологічні аспекти формування оперативно-стратегічних та оперативно-тактичних вимог до перспективних систем озброєння Збройних Сил України* / О. О. Стеценко, О. П. Ковтуненко, І. С. Цибулько // *Наука і оборона*. – 2001. – №4. – С. 46 – 54.
2. Гриб Д. А. *Методологічні підходи до формування технічного обриса перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // *Наука і оборона*. – 2009. – №4. – С. 30 – 34.
3. Гриб Д. А. *Системно-концептуальні основи і елементи формування оперативно-тактичних і тактико-технічних вимог, що пред'являються до перспективних зразків озброєння та військової техніки* / Д. А. Гриб, Б. О. Демідов, М. В. Науменко // *Системи озброєння та військова техніка*. – 2009. – №2(18). – С. 65 – 72.
4. Герасименко В. П. *Розвиток тактики на основі досвіду локальних війн і збройних конфліктів* / В. П. Герасименко, І. С. Цибулько, А. І. Андросов // *Наука і оборона*. 2004. – № 3. – С. 29–32.
5. Борисик С. Л. *Аналіз характеру впливу фізико-географічних умов місцевості на реалізацію бойових можливостей військових підрозділів* / С. Л. Борисик // *Труди університету*. 2012. – № 7(113). – С. 249 – 254.
6. Вентцель Е. С. *Исследование операций* / Е. С. Вентцель. – М. – Сов. радио. – 1972. – 551 с.
7. Чуев Ю. В. *Исследование операций в военном деле*. / Ю. В. Чуев. – М. – Воениздат. – 1970. – 25 с.
8. Чуев Ю. В. / Спехова Г. П. *Технические задачи исследования операций в военном деле* / – М. – Сов. радио., 1971. – 296 с.
9. *Теория прогнозирования и принятия решений* / Под. ред. С. А. Саркисян. – М.: – Сов. радио, 1977. – 355 с.
10. Фишберн П. *Теория полезности для принятия решений* / П. Фишберн. – М.: – Знание, 1978. – 290 с.
11. Марси Д. *Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений* / Д. Марси // *Реф.сб. «Экономика промышленности»*, 1980. №1 – С.22 – 27.
12. Райфа Г. *Анализ решений* / Г. Райфа. – М.: Изд. Московского университета, 1977. – 186 с.
13. Черняк О. І., Черноус Г. О. *Всеукраїнській науково – практичній конференції «Сучасні моделі і методи прогнозування соціально-економічних процесів» (ПСЕП-2006)*. – 2006. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://iee.org.ua/ru/publication/63/>. (З екрану).
14. Kahneman D. / Tversky A. *Prospect theory: An analysis of decisions under risk*, 1979 // *Econometrica*, 1979, Vol. 47, No. 2, P. 263-291.
15. Борисов Ф. *«Дэниел Канеман – стратег принятия решений»* // *Информационно аналитическая газета*. – № 5 (148). – май 2011. – С. 9.
16. Демьянчук Б. А. *Теория компромисса: модель полезности и риска, эвристические решения, прогнозирование последствий* / Б. А. Демьянчук // *Збірник наукових праць «Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму»*. – 2013. – № 1(6) . – С. 105 – 114.

**Рецензент:** О.І. Кравчук, к.т.н., с.н.с., Військова академія (м. Одеса)

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БОЕВОЙ ПОТРЕБНОСТИ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ЧАСТИ РАКЕТАМИ И БОЕПРИПАСАМИ**

**И.В. Пустовит**

*Предложена методика определения прогнозных оценок вероятностей реализации вариантов потребности в обеспечении подразделений части ракетами и боеприпасами во время подготовки ее к действиям в обороне, при условии известного количества вариантов боевого противоборства и соответственно разных (по объему требуемых ракет и боеприпасов) вариантов их сочетаний при пересечении гипотез об этих объемах ожидаемых потребностей. Методику прогнозирования методом проверки статистических гипотез целесообразно применять при планировании технического обеспечения боевых действий.*

**Ключевые слова:** *обеспечение боевых действий, варианты потребностей в ракетах и боеприпасах, стохастическая модель прогнозирования, вероятности реализации вариантов боевых потребностей, метод проверки статистических гипотез.*

## **FORECASTING OF FIGHTING REQUIREMENT FOR PROVIDING SUBDIVISIONS OF MILITARY UNITS WITH ROCKETS AND AMMUNITION**

**I.V. Pustovit**

*The technique of determination of projections of probabilities of implementation of options of requirement for providing subdivisions of units with rockets and ammunition is offered during preparation it to actions in defense, on condition of known quantity of options of a fighting antagonism and according to different (on amount of required rockets and ammunition) options of their combinations when crossing hypotheses of these amounts of expected requirements. Method of check of statistical hypotheses it is reasonable to apply a technique of forecasting when planning technical supply of operations.*

**Keywords:** *Combat Support, options of requirements for rockets and ammunition, stochastic forecasting model probability of combat options needs a method of testing statistical hypotheses.*