

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЗАХИЩЕНОСТІ МОРСЬКИХ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД КЕРОВАНИХ РАКЕТ З ІНФРАЧЕРВОНИМ КОНТУРОМ НАВЕДЕННЯ

В. Г. Башинський, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.;
Ю. О. Камак, начальник від-ня, провідний інженер-випробувач;
В. М. Феденько, провідний інженер-випробувач

Державний науково-випробувальний центр Збройних сил України, м. Феодосія

Анотація. Розглянуто метод комплексної оцінки захищеності морських рухомих об'єктів від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення. Для визначення показника захищеності використано комбінацію методів аналізу ієрархій та групового урахування аргументів.

Ключові слова: захищеність, керована ракета, морські рухомі об'єкти, критерій.

Аннотация. Рассмотрен метод комплексной оценки защищенности вооружения и военной техники от управляемых ракет с инфракрасным контуром наведения. Для определения показателя защищенности использована комбинация методов анализа иерархий и группового учета аргументов.

Ключевые слова: защищенность, управляемая ракета, морские подвижные объекты, критерий.

Abstract. The method of complex estimation of security of marine propelling facilities with the infra-red contour of aiming from the guided rockets has been considered. For determination of index of security combination of method of analysis of hierarchies and method of the group taking into account of arguments is used.

Keywords: protected, guided missile, marine propelling facilities, criterion.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Захищеність морських рухомих об'єктів (МРО) є здатністю МРО виконувати свої функції за призначенням в умовах дії засобів противника (виявлення, прицілювання і влучення) та однією з основних властивостей бойової ефективності МРО. У свою чергу, складовими захищеності МРО є характеристики бойової живучості, скритності, придушення засобів протиповітряної оборони.

На етапі прийняття рішення про розробку нових або модернізацію існуючих зразків МРО постає задача про комплексну оцінку захищеності МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення з метою визначення необхідності розробки (проведення) заходів захищеності МРО та порівняння їх з існуючими аналогами. Державним науково-випробувальним центром (ДНВЦ) у рамках науково-дослідної роботи «Комплекс ЛА» розроблено метод комплексної оцінки захищеності МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Останнім часом у науково-технічній літературі значна увага приділяється збільшенню захищеності МРО у зв'язку зі зростанням загроз, які обумовлені тим, що на озброєнні багатьох країн світу з'явилися різні засоби ураження. Але комплексній оцінці захищеності МРО не надається належного значення.

МЕТОЮ СТАТТІ є розробка методу комплексної оцінки захищеності МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення для здійснення порівняльної оцінки захищеності МРО під час прийняття рішення про розробку нових і модернізацію існуючих зразків МРО та при проведенні випробувань.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Розглянемо МРО як складну технічну систему, яку можна описати за багатьма критеріями. Необхідно визначити вплив цих критеріїв на захищеність МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення. Найбільш перспективним методом для розв'язання реальних задач багатокритерійного вибору є метод аналізу ієрархій (МАІ). Цей метод дозволяє отримати вагу критерію за результатами опитування експертів, яку можливо використовувати при отриманні статистичних даних для побудови показника захищеності. Отримавши статистичні дані після опитування експертів (МАІ), для побудови моделі згаданого показника слід використовувати ще один метод – метод групового урахування аргументів (МГУА) [3].

Запропоновано наступну комбінацію МАІ та МГУА:

1. Визначити мету.
2. Побудувати ієрархію, починаючи з вершини (мети), через проміжні рівні (критерії, від яких залежать наступні рівні) до нижнього рівня.
3. Залучаючи експерта (-тів), побудувати множини матриць парних порівнянь для кожного з нижніх

рівнів: по одній матриці для кожного елемента, що примикає зверху рівня.

4. За матрицями парних порівнянь знайти значення ваги об'єктів.

5. Визначити узгодженість усієї ієрархії.

6. Побудувати оціночні функції і визначити послідовність експериментальних даних.

7. Визначити навчаючу та перевіряючу послідовність даних.

8. Знайти критерії зупинки алгоритму МГУА.

9. Побудувати математичну модель комплексної оцінки МРО.

У даному випадку мета поставленої наукової задачі – це знаходження комплексної оцінки та порівняння літального апарата як складної технічної системи. Глобальною метою є знаходження невідомої безперервної функції $f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m)$, де $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m$ – множина підкритеріїв, які описують МРО.

Після цього слід побудувати ієрархію, де вершиною є мета, проміжними рівнями – критерії, найнижчим рівнем – підкритерії. Вигляд найпростішої ієрархії наведено на рис. 1.

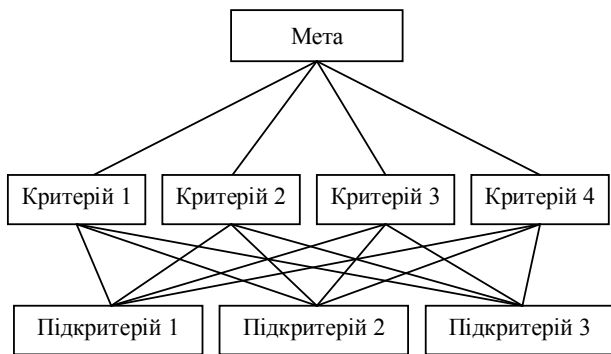


Рис. 1. Найпростіша ієрархія МАІ

До критеріїв віднесемо бойову живучість, маневреність, помітність і засоби захисту.

До бойової живучості належать пасивні засоби захисту. Її підкритеріями є:

– найменш уразливе для засобів ураження розташування важливих агрегатів та вузлів на МРО, захист їх менш важливими елементами;

– застосування вогнестійкої проводки керування з рознесеними посиленними тягами;

– резервування найбільш важливих агрегатів та вузлів МРО, що сприяє продовженню виконання завдання при бойових ушкодженнях;

– бронювання кабіни екіпажу та найважливіших агрегатів;

– захист паливних баків від вибуху та витоків палива;

– застосування засобів рятування екіпажу;

– застосування систем пожежогашіння.

До маневреності належать максимальні перевантаження та максимальні швидкості польоту.

Помітність включає у себе:

– маскувальне (камуфляжне, деформуюче) пофарбування, у тому числі з малим коефіцієнтом відзеркалення в оптичному діапазоні електромагнітних хвиль;

– покриття, які поглинають електромагнітні хвилі засобів виявлення та прицілювання противника в інфрачервоному і радіодіапазонах;

– зменшення ефективної поверхні розсіювання електромагнітних хвиль;

– зменшення теплової помітності МРО;

– зменшення акустичної помітності МРО.

До засобів захисту належать дія електромагнітного імпульсу, що порушує роботу детонаторів засобів ураження противника, а також системи:

– попередження про електромагнітне проміння з боку противника засобами прицілювання і виявлення;

– постановки активних радіолокаційних перешкод засобам виявлення і прицілювання противника;

– відведення засобів ураження противника;

– активного захисту, що виявляють і руйнують засоби ураження противника при їх підльоті до МРО;

– постановки димових та аерозольних перешкод.

Далі побудуємо, використовуючи експерта (–тів), множину парних порівнянь для кожного з рівнів ієрархії [4, 5]. Тобто визначимо вплив кожного критерію на глобальну мету, а підкритеріїв на критерії.

Парні порівняння приводять до запису характеристик порівнянь у вигляді квадратної таблиці чисел, яка називається матрицею. Матриця парних порівнянь має властивість зворотної симетрії, тобто $a_{ij} = 1/a_{ji}$. Порівнюючи критерії, виявляємо їх однакову значимість, тому діагональ матриці складається з одиниць:

$$\begin{bmatrix} 1 & a_{1j} & a_{1n} \\ 1/a_{1j} & 1 & a_{in} \\ 1/a_{1n} & 1/a_{in} & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Експерти оцінюють критерії за наступною дев'ятибальною шкалою та заносять у матрицю (1):

– критерії 1 і 2 однаково важливі, заносимо 1;

– критерій 1 незначно важливіший, ніж критерій 2, заносимо 3;

– критерій 1 значно важливіший за критерій 2, заносимо 5;

– критерій 1 явно важливіший, ніж критерій 2, заносимо 7;

– критерій 1 за своєю значимістю абсолютно перевищує критерій 2, заносимо 9 у матрицю (1), де перетинаються рядок 1 і стовпець 2.

Наступний крок полягає в обчисленні вектора пріоритетів за отриманою матрицею (1). Помноживши n елементів кожного рядка, взяти корінь n -го степеня та нормалізувати знайдені числа. Також визначаємо

узгодженість отриманих результатів. Чим ближче максимальне або головне значення матриці λ_{\max} до числа об'єктів або видів дій у матриці n , тим більш узгоджений результат.

Ці порівняння і розрахунки встановлюють пріоритети елементів деякого рівня ієрархії відносно одного елемента наступного рівня. Якщо рівнів більше двох, то різні вектори пріоритетів можуть бути об'єднані в матриці пріоритетів, з яких визначається один кінцевий вектор пріоритетів для нижнього рівня.

Використовуючи декількох експертів, отримаємо декілька векторів пріоритетів.

Позначимо вектор пріоритетів через E_i , де $i = \overline{1, M}$, M – кількість підкритеріїв. Оцінку можна розрахувати за наступною формулою:

$$y_j = f(E_1x_1 + E_2x_2 + \dots + E_mx_m),$$

де $j = \overline{1, k}$, k – кількість експертів.

Розрахуємо показники та отримаємо значення, які відповідають кількості експертів. Отже, є модель $y = F(x_1, x_2, \dots, x_m)$, де m – кількість критеріїв оцінки. Поділимо експериментальні дані на дві частини: навчаючу N_A та перевірочну N_B послідовності точок [1, 2, 6]. Для цього розташуємо всі експериментальні точки в рядок за величиною їх дисперсії

$D^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(q_{\text{табл}i} - \bar{q})/\bar{q}]^2$, де \bar{q} – середнє значення відгуків експертів. Точки з парними номерами створюють першу послідовність N_{A^2} , а з непарними номерами – другу послідовність N_{B^2} .

Як зовнішні доповнення візьмемо наступні критерії селекції: регулярності $\Delta^2(B)$ та мінімуму зміщення $n_{\text{зм}}^2$. Критерій регулярності – середньоквадратична похибка, яка розраховується на перевірочній послідовності:

$$\Delta^2(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} (q_{\text{табл}i} - q_M)_i^2}{\sum_{i=1}^{N_B} q_{\text{табл}i}^2} \rightarrow \min.$$

Критерій мінімуму зміщення вимагає максимального збігу значень вихідної величини двох моделей, що отримані на навчаючій та перевірочній послідов-

ностях:

$$\Delta^2(B) = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} (q_{\text{табл}i} - q_M)_i^2}{\sum_{i=1}^{N_B} q_{\text{табл}i}^2} \rightarrow \min.$$

Для генерації множини моделей використовуємо багаторядні МГУА. На вхід подаємо вектор вхідних змінних $x = x_1, x_2, \dots, x_n$. На першому ряді селекції утворюються «часткові описи», які об'єднують вхідні змінні по дві: $y_1 = f_{11}(x_1, x_2)$; $y_2 = f_{12}(x_1, x_3)$, ..., $y_s = f_{1s}(x_{n-1}, x_n)$. З них вибирається функція F_1 , яка найбільше задовольняє зовнішній критерій селекції. На другому ряду утворюються «часткові описи» другого ряду $z_1 = f_{21}(y_1, y_2)$; $z_2 = f_{22}(y_1, y_3)$, ..., $z_p = f_{2p}(y_{s-1}, y_s)$. З них вибирається функція F_2 , найкраща для використання в наступному, третьому ряді і т. д. Для кожного ряду знаходиться найкраща (за критерієм селекції) модель. Ряди селекції нарощуються, поки оцінка критерію зменшується («правило зупинки»).

Коефіцієнти моделей знаходять за допомогою методу найменших квадратів, згідно з яким за міру відхилення полінома від заданої функції $f(x)$ на множині

$$x_0, x_1, \dots, x_n \text{ береться величина } S_m = \sum_{i=0}^n [Q_m(x_i) - f(x_i)]^2.$$

Вона є сумою квадратів відхилення полінома $Q_m(x)$ від функції $f(x)$ на заданій системі вхідних даних, а також функцією коефіцієнтів a_0, a_1, \dots, a_n . Ці коефіцієнти потрібно підібрати так, щоб величина S_m була найменшою. Отриманий поліном є апроксимуючим для даної функції, а процес побудови цього полінома – квадратичною апроксимацією. По завершенні селекції одержуємо одну єдину модель, яка задовольнить критерії селекції та за якою можливо розраховувати захищеність МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення.

ВИСНОВКИ

Розроблений у ДНВЦ метод комплексної оцінки захищеності МРО від керованих ракет з інфрачервоним контуром наведення, використовуючи оцінки експертів та багаторядні алгоритми МГУА, дозволяє коректно оцінити та провести порівняльну оцінку захищеності МРО під час прийняття рішення про розробку нових і модернізацію існуючих зразків МРО та при проведенні випробувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] **Ивахненко, А. Г.** Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем [Текст] / А. Г. Ивахненко. – К., 1982. – 296 с.
- [2] **Ивахненко, А. Г.** Моделирование сложных систем по экспериментальным данным [Текст] / А. Г. Ивахненко, Ю. П. Юрачковский. – М. : Наука, 1987. – 119 с.
- [3] **Павлов, А. А.** Метод группового учета аргументов и анализа иерархий в задачах принятия решений [Текст] / А. А. Павлов, А. А. Иванова, Р. А. Зигура // Вісн. Нац. техн. ун-ту України. – К. : КПІ, 2007. – Вип. 47. – С. 89–96.

- [4] **Саати, Т.** Аналитическое планирование. Организация систем [Текст] / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Наука, 1991. – 223 с.
- [5] **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М. : Наука, 1993. – 287 с.
- [6] **Тоценко, В. Г.** Методы и системы поддержки принятия решений [Текст] / В. Г. Тоценко. – К., 2002. – 381 с.

© В. Г. Башинський, Ю. О. Камак, В. М. Феденько

Надійшла до редколегії 15.01.13

Статтю рекомендує до друку член редколегії Вісника НУК

д-р техн. наук, проф. *В. С. Бліщов*

Статтю розміщено у Віснику НУК № 1, 2013