

УДК 355.45

Є.Б. Смірнов, І.А. Таран, А.В. Тристан

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВАЖЛИВОСТІ ОБ'ЄКТІВ ПРИКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

*Пропонується оцінювати пріоритет об'єкту прикриття, виходячи з важливості цього об'єкту для досягнення мети операції (бойових дій) противника. Пропонується методика визначення важливості об'єктів прикриття з використанням методу аналізу ієрархій.*

**Ключові слова:** об'єкт прикриття, пріоритет, важливість, метод аналізу ієрархій, мета бойових дій.

### Вступ

Актуальність теми. Об'єкти, удари по яких з повітря можуть супроводжуватися найбільш важкими наслідками в життєво важливих сферах держави, являються важливими державними об'єктами (ВДО). Важливий державний об'єкт – об'єкт, завдання шкоди якому внаслідок нападу з повітря приведе до значних (катастрофічних) наслідків у політичній, соціальної, технологічній, економічній, екологічній, військовій, або інших життєво важливих сферах держави і суспільства. При вирішенні багатьох завдань, наприклад, при визначенні переліку першочергових об'єктів прикриття від ударів з повітря, існує необхідність визначення пріоритетності ВДО, вираження їх важливості у числовому вигляді.

**Аналіз останніх досліджень.** Методичні підходи до вирішення задачі визначення першочергових об'єктів прикриття, оснований або на використанні коефіцієнтного методу, або методу експертних оцінок. Визначення пріоритетів об'єктів з використанням коефіцієнтного методу [1] можливе тільки для оцінки важливості однорідних об'єктів прикриття. Використання методу експертних оцінок ускладнюється необхідністю одночасного аналізу великої сукупності різнорідних об'єктів з оцінкою множини різнорідних ознак [2, 3]. Подальший розвиток зазначені підходи отримали в [4], де пропонується порівнювати не самі об'єкти, а їх ознаки, з метою оцінки впливу кожної ознаки на важливість об'єктів. При цьому здійснюється попарне порівняння ознак, що значно спрощує процес оцінювання експертами. В результаті попарного порівняння  $I$  об'єктів по  $J$  ознаках отримується матриця  $A$  розмірності  $I \times J$ , рядки якої являють собою координати багатопараметричних об'єктів в  $J$ -вимірному просторі ознак-властивостей. Порівняння об'єктів, описаних матрицею  $A$ , здійснюється методами кластерного аналізу (таксономії), сутність якого полягає в визначенні значення таксономічного показника важливості кожного об'єкта – «рівнодійної» всіх ознак, що дозволяє лінійно упорядкувати об'єкти по їх важливості.

Наведені методичні підходи дозволяють оцінити пріоритет об'єкта як деякий інтегральний показник, який розраховується з використанням декількох ознак, що характеризують важливість об'єкта. Основна увага зосереджена на математичних методах обробки (згортки) ознак. При цьому, на нашу думку, не приділяється достатня увага питанню, які саме ознаки об'єкту необхідно використовувати в розрахунках, яка вага тих чи інших ознак у конкретних умовах бойової обстановки. Відповідь на це питання потребує одночасного аналізу багатьох факторів, що значно ускладнює роботу експерта.

Автори статті пропонують аналізувати не ознаки об'єкту, а цілі, для досягнення яких противник буде наносити удар по об'єктам, і використовувати метод аналізу ієрархій (цілей) для визначення важливості об'єктів прикриття.

**Метою** даної статті являється розробка методики визначення важливості об'єктів прикриття з використанням методу аналізу ієрархій (методу Сааті).

### Виклад основного матеріалу

Метод аналізу ієрархій (МАІ) – метод, який дозволяє встановити пріоритети  $Q_i$ ,  $i = \overline{1, I}$  об'єктів (альтернатив) шляхом [3]:

1) визначення цілей, що впливають на процес досягнення загальної мети та визначення їх ієрархій на декількох рівнях (побудову дерева цілей);

2) здійснення попарних порівнянь ієрархій одного рівня на всіх рівнях дерева цілей, отримання матриці попарних порівнянь;

3) обробки матриці попарних порівнянь для встановлення глобальних пріоритетів визначених об'єктів (альтернатив) у досягненні загальної мети.

Розглянемо зміст запропонованої методики та особливості застосування МАІ докладніше.

#### **1. Побудова дерева цілей.**

Процес формування цілей (цілеутворення) – один з найскладніших етапів методики. Як вказує сам автор МАІ, «в складній ситуації неможливо сподіватися на те, що проблеми будуть вирішені

інтуїтивно, а не чітко сформульованим розумінням найважливіших факторів» [3]. Тому процес цілеутворення може вимагати від експертів багато часу, що вказує на необхідність проведення цього процесу в мирний час, в ході завчасної підготовки.

Для подальших досліджень необхідно визначитись з терміном *важливість*. Що необхідно розуміти під поняттям «важливість об'єкта прикриття»? Чи однаковою буде важливість об'єкту, наприклад атомної електростанції, для стратегічних органів управління країни-об'єкта удару та для органів управління угруповання ПС (оперативний рівень), що здійснює прикриття цих об'єктів. Перші будуть приймати рішення на прикриття тих чи інших об'єктів, опираючись на стратегічні цілі держави у війні. Другі будуть приймати рішення на основі висновків, зроблених в ході оцінки обстановки, враховуючи такі фактори, як стан, забезпеченість своїх військ, склад, бойові можливості військ противника та інше. Необхідно також враховувати багато інших чинників, таких, наприклад, як досяжність об'єкту для засобів повітряного нападу (ЗПН) противника. Дійсно, важливий для економіки об'єкт можна не прикривати, якщо удар по ньому ЗПН противника малоімовірний (як це робиться в багатьох європейських країнах).

Розвиваючи зміст поняття важливості об'єкту прикриття необхідно зауважити, що важливість об'єкту можливо оцінювати виходячи з того, наскільки важливим буде цей об'єкт з точки зору органів управління угруповання противника, що наносить удар. Виходячи з того, що в контексті задачі, що вирішується, така характеристика як важливість об'єкту використовується для прийняття рішення про виділення сил та засобів ППО для прикриття об'єкту від ударів з повітря, можливо стверджувати, що важливість об'єкту буде визначатись не стільки його значимістю для економіки чи політичної стабільності в країні, скільки «зацікавленістю» цим об'єктом з боку противника. Один і той же об'єкт може мати різну важливість в залежності від мети, на досягнення якої направлений удар ЗПН противника в операції (бойових діях). Наприклад, такий об'єкт, як командний пункт угруповання Повітряних Сил буде мати різну важливість у ході удару ЗПН, що наноситься для завоювання противником переваги в повітрі, і у ході удару ЗПН, що завдається з метою зміни конституційного строю держави. Таким чином, можливо стверджувати, що важливість об'єкту прикриття необхідно оцінювати в залежності від цілей, на досягнення яких направлений удар ЗПН противника.

Цілі, які переслідує противник, можуть бути стратегічними, оперативними та тактичними. ЗПН будуть наносити удари по об'єктам для досягнення тактичних цілей. Досягнення деякої сукупності так-

тичних цілей буде направлено на досягнення певної оперативної цілі. В свою чергу досягнення певної сукупності оперативних цілей буде забезпечувати досягнення певної стратегічної цілі, а стратегічні цілі будуть направлені на досягнення загальної мети удару ЗПН противника. Таким чином, маємо ієрархію цілей: головна мета (так званий фокус), стратегічні цілі (СЦ1, СЦ2, ...) противника (перший рівень ієрархії), оперативні (ОЦ1...ОЦ4) і тактичні (ТЦ1...ТЦ10) цілі (другий і третій рівні ієрархії), об'єкти удару (альтернативи) (рис. 1).

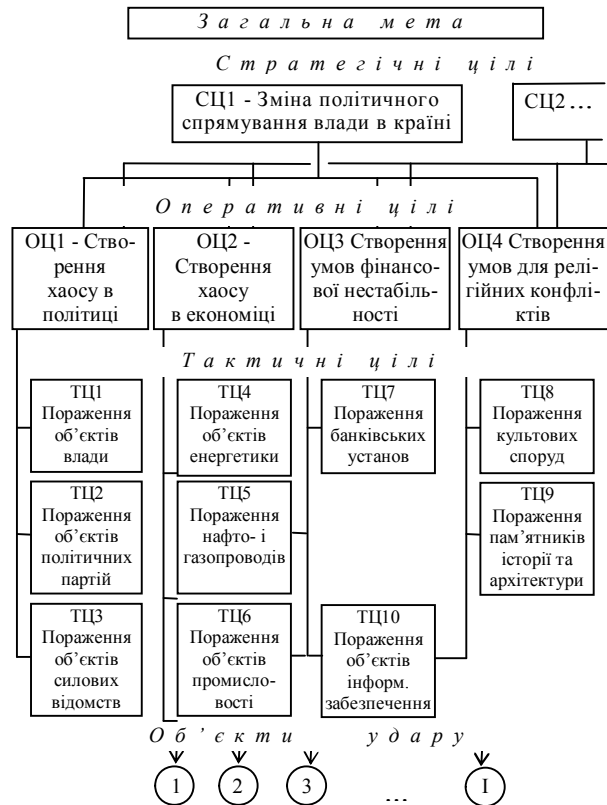


Рис. 1. Варіант дерева цілей (фрагмент)

В залежності від необхідного рівня деталізації кількість рівнів ієрархії цілей може бути іншою. Сама назва цілей (стратегічна, оперативна, тактична) досить умовна і визначається рівнем ланки управління або ж угрупованням, яке виконує завдання по досягненню відповідної мети. Як варіант, стратегічна цілі може бути єдиною і відповідати головній меті, тоді стратегічна цілі являється фокусом, а оперативні цілі – першим рівнем ієрархії.

В наведеному нижче прикладі для зменшення об'єму розрахунків будемо використовувати спрощений варіант дерева цілей, наведений на рис. 2. В реальних умовах, зрозуміло, дерево цілей має бути більш складним і кількість об'єктів (альтернатив) буде значно більшою.

Другий і третій етапи методики будуть розглянуті більш стисло, оскільки вони докладно розглядаються в роботах, присвячених МАІ [2, 3].

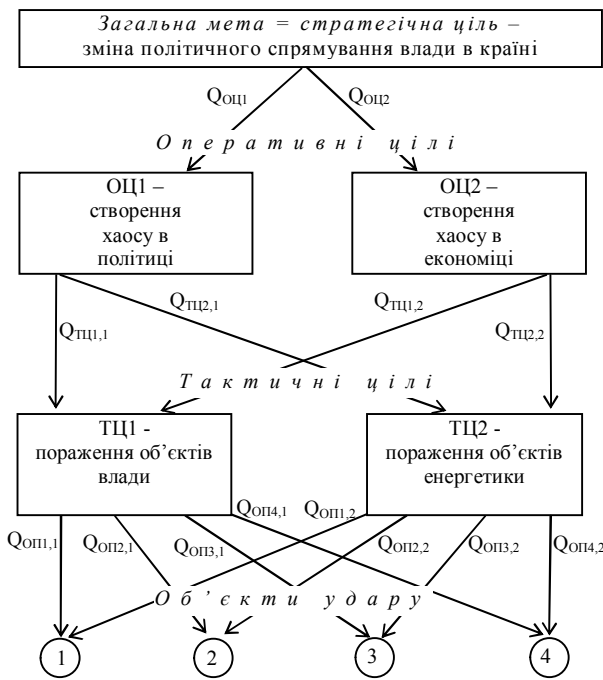


Рис. 2. Варіант дерева цілей (спрощено)

**2. Здійснення попарних порівнянь ієрархії одного рівня на всіх рівнях дерева цілей, отримання матриць попарних порівнянь.**

На другому етапі складаються та заповнюються матриці попарних порівнянь А для всіх рівнів ієрархії. Розмірність матриць визначається кількістю елементів ієрархії рівня, що розглядається, а кількість матриць кожного рівня ієрархії визначається кількістю елементів ієрархії вищого рівня. Наприклад, для дерева цілей, наведеного на рис.1, для рівня ієрархії "тактичні цілі" кількість матриць буде дорівнювати 4 (бо тактичні цілі дерева пов'язані з чотирма оперативними цілями (елементами вищого рівня ієрархії)), а розмірність матриць дорівнює 3×3 або 4×4, відповідно до кількості тактичних цілей (елементів ієрархії рівня, що розглядається), що співвідносяться з елементами ієрархії вищого рівня (оперативними цілями). Для варіанту дерева цілей, наведеного на рис.2, маємо одну матрицю розмірності 2×2 на першому рівні ієрархії (дві оперативні цілі – одна стратегічна ціль), дві матриці розмірності 2×2 на другому рівні ієрархії (дві тактичні цілі – дві оперативні цілі) та дві матриці розмірності 4×4 (чотири об'єкти поразення – дві тактичні цілі) на третьому рівні ієрархії.

Заповнення матриць здійснюється експертами з використанням шкали відносної важливості (шкали Сааті) [3].

Наведемо приклад заповнення матриць попарних порівнянь для дерева цілей, наведеного на рис.2.

Перший рівень ієрархії:

$$A_{ОЦ} = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix},$$

тобто експерт вважає, що оперативна ціль 1 незначно важливіша для досягнення загальної мети, ніж оперативна ціль 2.

Другий рівень ієрархії:

$$A^1_{ТЦ} = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix}, \quad A^2_{ТЦ} = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{pmatrix},$$

тобто експерт вважає, що тактична ціль 1 незначно важливіша для досягнення оперативної цілі 1, ніж тактична ціль 2, також, що тактична ціль 2 значно важливіша для досягнення оперативної цілі 2, ніж тактична ціль 1.

Третій рівень ієрархії:

$$A^1_{ОУ} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 1/5 \\ 1/3 & 1 & 3 & 1/7 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 1/9 \\ 5 & 7 & 9 & 1 \end{pmatrix},$$

$$A^2_{ОУ} = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 5 & 1/7 \\ 3 & 1 & 7 & 1/3 \\ 1/5 & 1/7 & 1 & 9 \\ 7 & 3 & 1/9 & 1 \end{pmatrix}.$$

Нижні індекси в матрицях позначають: ОЦ - оперативна ціль, ТЦ - тактична ціль, ОУ - об'єкт удару. Верхні індекси позначають порядковий номер елемента верхньої ієрархії, до якого прилягають елементи. Наприклад,  $A^2_{ТЦ}$  - матриця попарних порівнянь тактичних цілей, що забезпечують досягнення оперативної цілі 2.

**3. Обробка матриць попарних порівнянь для встановлення глобальних пріоритетів визначених об'єктів (альтернатив).**

Обробка кожної матриці проводиться у наступному порядку.

Визначається вектор геометричних середніх:

$$V_i = \prod_{j=1}^J (a_{ij})^{1/J}, \quad (1)$$

де J – розмірність матриці попарних порівнянь;  $a_{ij}$  – елемент матриці попарних порівнянь.

Визначається нормалізований вектор геометричних середніх – вектор пріоритетів елементів ієрархії.

$$Q = \begin{Bmatrix} V_1/S_v \\ V_2/S_v \\ \dots \\ V_J/S_v \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ \dots \\ Q_J \end{Bmatrix}, \quad (2)$$

де  $S_v = \sum_{j=1}^J V_j$ .

Після обробки матриці попарних порівнянь (2) рекомендується провести перевірку узгодженості для виключення помилок експерта згідно [3].

Отримані вектори пріоритетів об'єднуються у матриці розмірності J×K, де K – кількість елементів вищого рівня ієрархії.

Для дерева цілей, наведеного на рис. 2, отримуємо наступні вектори пріоритетів.

$$Q_{OЦ} = \begin{pmatrix} Q_{OЦ1} \\ Q_{OЦ2} \end{pmatrix} -$$

вектор пріоритетів оперативних цілей для досягнення першої (і єдиної в прикладі) стратегічної цілі;

$$Q_{TЦ}^1 = \begin{pmatrix} Q_{TЦ1,1} \\ Q_{TЦ2,1} \end{pmatrix}, Q_{TЦ}^{21} = \begin{pmatrix} Q_{TЦ1,2} \\ Q_{TЦ2,2} \end{pmatrix} -$$

вектори пріоритетів тактичних цілей для досягнення першої і другої оперативних цілей. Об'єднуємо вектори пріоритетів тактичних цілей в матрицю:

$$Q_{TЦ} = \begin{pmatrix} Q_{TЦ1,1} & Q_{TЦ1,2} \\ Q_{TЦ2,1} & Q_{TЦ2,2} \end{pmatrix}.$$

$$Q_{OУ}^1 = \begin{pmatrix} Q_{OУ1,1} \\ Q_{OУ2,1} \\ Q_{OУ3,1} \\ Q_{OУ4,1} \end{pmatrix}, Q_{OУ}^{21} = \begin{pmatrix} Q_{OУ1,2} \\ Q_{OУ2,2} \\ Q_{OУ3,2} \\ Q_{OУ4,2} \end{pmatrix} -$$

вектори пріоритетів об'єктів поразення для досягнення першої і другої тактичних цілей.

Об'єднуємо вектори пріоритетів об'єктів поразення в матрицю:

$$Q_{OУ} = \begin{pmatrix} Q_{OУ1,1} & Q_{OУ1,2} \\ Q_{OУ2,1} & Q_{OУ2,2} \\ Q_{OУ3,1} & Q_{OУ3,2} \\ Q_{OУ4,1} & Q_{OУ4,2} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Для отримання вектора глобальних пріоритетів всіх І об'єктів поразення перемножуємо отримані матриці:

$$Q = (Q_1, Q_2 \dots Q_I)^T = Q_{OУ} \cdot Q_{TЦ} \cdot Q_{OЦ} \quad (4)$$

та нормуємо отримані значення як  $\bar{Q}_i = Q_i / \sum_{i=1}^I Q_i$ .

Отримане значення  $\bar{Q}_i$  буде являти собою глобальний пріоритет і-го об'єкту поразення.

## Висновки

Методика, що пропонується, дозволяє визначати пріоритети об'єктів прикриття, виходячи з того, наскільки об'єкт важливий для противника і наскільки знищення об'єкту відповідає цілям, що переслідує противник в операції (бойових) діях. Для визначення пріоритетів об'єктів пропонується використовувати метод аналізу ієрархій (метод Саати). Методикою передбачено визначення пріоритетів об'єктів завчасно, за мирного часу, що дозволить використовувати результати розрахунків для розробки пропозицій щодо прикриття об'єктів засобами протиповітряної оборони.

У подальшому передбачається використовувати використовувати підходи щодо визначення пріоритетів об'єктів, запропоновані в статті, під час розробки методики розпізнавання мети операції (бойових дій) противника по поточній радіолокаційній інформації. При цьому буде необхідним вирішити зворотну задачу — виходячи з отриманого за поточною радіолокаційною інформацією переліку об'єктів удару встановити ціль, яку переслідує противник в конфлікті.

## Список літератури

1. Бегларян С.Г. О методическом подходе к распределению сил и средств в операции (боевых действиях) объединения ВВС / С.Г. Бегларян, С.А. Костров // Военная мысль. – 2001. – № 5. – С. 29-33.
2. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т.Л. Саати. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
4. Городнов В.П. Методика оценки важности объектов, прикрываемыми силами и средствами ПВО / В.П. Городнов, С.В. Лазебник, В.Г. Малюга // Збірник наукових праць ХВУ. – Х.: ХВУ, 2003. – Вып. 4(47). – С. 8-12.

Надійшла до редколегії 27.03.2014

Рецензент: д-р військ. наук проф. В.І. Ткаченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЖНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПРИКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

Е.Б. Смирнов, И.А. Таран, А.В. Тристан

Предложена методика определения важности объекта прикрытия с использованием метода анализа иерархий.

**Ключові слова:** об'єкт прикриття, пріоритет, важливість, метод аналізу ієрархій, мета бойових дій.

## A METHOD FOR DETERMINING THE IMPORTANCE OF THE OBJECT USING THE ANALYTIC HIERARCHY

E.B. Smirnov, I.A. Taran, A.V. Tristan

A method for determining the importance of the object using the analytic hierarchy process is offered.

**Ключові слова:** об'єкт прикриття, пріоритет, важливість, метод аналізу ієрархій, мета бойових дій.