

УДК 519.87:316.458.6

В.Б. Кононов¹, Ю.И. Кушнерук², А.В. Коваль¹¹ Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків² Академія внутрішніх військ МВД України, Харків**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВАЖНОСТИ БОЕВЫХ СРЕДСТВ**

В статье рассмотрен метод определения коэффициентов важности боевых средств, основанный на мультипликативной свёртке нормированных признаков боевых средств и на установлении степени их к признакам эталонного боевого средства.

Ключевые слова: состав вооружения, группировка войск, коэффициент важности.

Введение

Постановка задачи. Боевое средство следует рассматривать как многомерный объект, характеризующийся разнородными признаками, определяющими степень их влияния на те или иные поражающие факторы. Коэффициенты важности боевых средств зависят от качественных и количественных характеристик образцов вооружения, способов их применения и ряда других характеристик, среди которых выделим такие характеристики как: точность, скорострельность и дальность стрельбы, маневренность, огневая мощь, объём боезапаса. Основной трудностью в задачах определения коэффициентов важности состава вооружения оперирующей группировки является установление соответствующей шкалы оценивания признаков объекта и выбор определённой метрики в пространстве получаемых оценок, используемых для определения состава вооружений оперирующей группировки войск. Определение коэффициентов важности состава вооружения оперирующей группировки представляют собой важную военно-практическую задачу, актуальность решения которой определяется необходимостью создания математического аппарата, позволяющего сопоставить различные боевые средства.

Анализ литературы. В известной литературе описаны известные подходы, используемые для решения поставленной задачи, основанные на применении методов агрегирования и кластеризации [1], метода определения коэффициентов важности с использованием принципа потенциального распределения вероятностей [2], метода информационных критериев сравнения [3], и процедур многокритериальной оценки [4]. Однако практическое применение перечисленных методов ограничивается сложностями физической интерпретации результатов оценивания. Одним из наиболее популярных и часто используемых в настоящее время методов упорядочения многомерных объектов и определения их коэффициентов важности является метод анализа иерархий (МАИ) [5]. Однако в [1-5] при определении

коэффициентов важности боевых средств, не устанавливаются соответствующие шкалы оценивания признаков объекта, что затрудняет выбор определённой метрики в пространстве получаемых оценок, используемых для определения состава вооружений оперирующей группировки войск.

Целью статьи является разработка методов определения коэффициентов важности боевых средств при выборе состава вооружения оперирующей группировки.

Основной материал

Для решения поставленной задачи применим метод формирования и обработки экспертных оценок при пошаговой свёртке и упорядочивании качественных и количественных показателей и признаков многомерных объектов, который позволяет определить числовые оценки весов сравниваемых объектов. Однако большинство признаков, характеризующих такой сложный объект, как боевое средство, характеризуются не только качественно, но и количественно. В связи с этим возникает необходимость перехода к безразмерным значениям признаков и перевод их значений в принятый для экспертных оценок диапазон значений $\{1; 9\}$ в МАИ [5]. Такой искусственный переход в диапазон экспертных оценок МАИ фактически усложняет процесс нахождения коэффициентов важности. Опишем метод, который основывается на использовании мультипликативной свёртки относительных значений признаков многомерного объекта. Рассмотрим задачу определения коэффициентов важности m многомерных объектов со следующими значениями признаков:

$$z^{(i)} = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{is}), \quad i = \overline{1, L}, \quad (1)$$

где s – количество признаков, характеризующих каждый объект;

L - количество объектов сравнения;

z_{ik} ($i = \overline{1, L}; k = \overline{1, s}$) – числовое значение k -го признака у i -го объекта.

Введём искусственный эталонный объект $z^{(0)} = (z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0s})$, позволяющий перевести значения признаков, выраженных в метрических шкалах отношений, в относительные безразмерные величины следующим образом:

$$z_{0k} = \begin{cases} z_{0k}^{\max} = \max_i z_{ik}, \\ \text{если необходимо большее} \\ \text{значение } k\text{-го признака;} \\ z_{0k}^{\min} = \min_i z_{ik}, \\ \text{если необходимо меньшее} \\ \text{значение } k\text{-го признака.} \end{cases} \quad (2)$$

Тогда относительной величиной k -го признака j -го объекта будет являться соотношение:

$$\bar{z}_{ik} = \begin{cases} \frac{z_{ik}}{z_{0k}}, \text{ если необходимо большее} \\ \text{значение } k\text{-го признака;} \\ \frac{z_{0k}}{z_{ik}}, \text{ если необходимо меньшее} \\ \text{значение } k\text{-го признака,} \end{cases} \quad (3)$$

причём $0 < \bar{z}_{ik} \leq 1, i = \overline{1, L}; k = \overline{1, s}$.

Таким образом, чем больше относительное значение k -го признака объекта, тем оно желательнее. В качестве обобщённого показателя качества многомерного объекта выберем среднее геометрическое значение его относительных величин:

$$w_i = \sqrt[s]{\prod_{k=1}^s z_{ik}}, \quad i = \overline{1, L}, \quad (4)$$

причём $0 < w_i \leq 1, i = \overline{1, L}$.

Нетрудно заметить, что наибольшее значение обобщённого показателя равно единице и достигается только на «эталонном» объекте. Следовательно, чем ближе к единице значение показателя (4), тем большую важность в среднем имеет сравниваемый объект, и именно этот показатель определяет значение коэффициента важности многомерного объекта.

Замечание 1. Среди признаков, характеризующих боевое средство, как многомерный объект, могут встречаться такие, значения которых могут изменяться в зависимости от того, на какое боевое средство противника воздействует данное боевое средство. Например, вероятность поражения Q_{ij} боевым средством j -го типа группировки В боевого средства i -го типа группировки А. В этом случае для каждого боевого средства определяется среднее значение признака с учётом матрицы целераспределения:

$$z_{jk} = \sum_{i=1}^m Q_{ij} \beta_{ij}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (5)$$

где m - количество типов разнородных боевых средств группировки А;

n - количество типов разнородных боевых средств группировки В;

$\|\beta_{ij}(t)\|_{m,n}$ - матрица целераспределения группировки В;

$z_{jk} (j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m})$ - средняя вероятность поражения боевых средств группировки А боевым средством j -го типа группировки В;

k - номер признака боевого средства, характеризующийся точностью стрельбы.

Замечание 2. В предлагаемых моделях определения состава вооружения рассматривается эффективные скорострельности, например $b_{ij} = \mu_j Q_{ij}$ для группировки В. Поэтому при определении коэффициентов важности $w_j (j = \overline{1, n})$ боевых средств группировки В величина b_{ij} фактически объединяет значения таких признаков как точность стрельбы и скорострельность. В качестве значения признака, характеризующего эффективную скорострельность, соответственно выбирается его среднее значение (эффективной скорострельности):

$$z_{jr} = \sum_{i=1}^m b_{ij} \beta_{ij}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (6)$$

где r - номер признака боевого средства, характеризующий эффективную скорострельность.

Однако, данный метод определения коэффициентов важности имеет смысл, если все значения признаков больше нуля: $z_{ik} > 0, i = \overline{1, L}; k = \overline{1, s}$, так как, если $\exists k, 1 < k \leq s, z_{ik} = 0$, то $w_i = 0$, и i -й объект убывает из рассмотрения.

В этом случае предлагается другой метод определения коэффициентов важности, основанный на идеях таксономии [4]. Для этого метода эталонный объект выбирается как объект со значениями признаков по соотношениям (2).

В качестве относительных величин признаков объектов выберем следующее соотношение:

$$\bar{z}_{ik} = \frac{z_{ik} - z_{0k}^{\min}}{z_{0k}^{\max} - z_{0k}^{\min}}, \quad i = \overline{1, L}, \quad (7)$$

при необходимости большего значения k -го признака объекта, и

$$\bar{z}_{ik} = \frac{z_{0k}^{\max} - z_{ik}}{z_{0k}^{\max} - z_{0k}^{\min}}, \quad i = \overline{1, L}, \quad (8)$$

причём $0 \leq \bar{z}_{ik} \leq 1, i = \overline{1, L}$.

Таким образом эталонный объект, это объект со следующими значениями признаков:

$$z^{(0)} = (1, 1, \dots, 1).$$

Чем «ближе» сравниваемый объект к эталонному, тем больше его важность по сравнению с другими объектами.

Меру близости сравниваемых объектов с эталонными определим через евклидову метрику:

$$d_i = \sqrt{\sum_{k=1}^s (\bar{z}_{ik} - 1)^2}, \quad i = \overline{1, L}, \quad (9)$$

где d_i - расстояние между i -м и эталонным объектами.

В относительных единицах соответствующую меру близости (9) выразим через соотношение:

$$d_i^0 = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^L d_i}, \quad i = \overline{1, L}. \quad (10)$$

Соотношение (10) имеет следующую интерпретацию значений признаков i -го объекта: чем меньше (ближе к нулю) значение d_i^0 , тем более важным является данный i -й объект, т.е. тем ближе он расположен к эталонному объекту.

Противоположность направления изменения показателя (10) и вывода о важности объекта является неудобной, поэтому целесообразно изменить соотношение (10) и получить конечную формулу для определения коэффициента важности объекта:

$$w_i = 1 - \frac{d_i}{\sum_{i=1}^L d_i}. \quad (11)$$

Показатель (11) интерпретируется следующим образом: данный i -й объект имеет тем больший коэффициент важности, чем ближе показатель (4) к единице.

Выводы

1. Предложен метод определения коэффициентов важности боевых средств, основанный на мультипликативной свертке нормированных признаков боевых средств и на установлении степени их близости к признакам эталонного боевого средства.

3. Предложенный метод определения коэффициентов важности боевых средств состава вооружений целесообразно использовать при выборе состава вооружений группировки войск в проводимой операции

3. Выбор состава вооружений группировки войск в проводимой операции целесообразно использовать при разработке подсистемы поддержки принимаемых решений, входящую в создаваемую автоматизированную систему управления войсками и оружием.

Список литературы

1. Курсыков Н.И. Метод агрегирования многомерных данных / Н.И. Курсыков, Б.Д. Лебедев // Информационные технологии. – 2003. – № 2. – С. 40-42.
2. Ташевский А.Г. Метод определения коэффициентов соизмеримости образцов новой техники машиностроения на основе принципа потенциального распределения вероятности / А.Г. Ташевский // Инструмент. – 2011. – № 31. – С. 74-80.
3. Айвазин С.А. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазин., И.С. Енюков., А.В. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 471 с.
4. Ногин В.В. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный поход / В.В. Ногин – М.: Физматлит, 2005. – 269 с.
5. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем: пер. с англ. / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

Поступила в редколлегию 17.07.2012

Рецензент: д-р. техн. наук, проф. В.М. Бильчук, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАЖЛИВОСТІ БОЙОВИХ ЗАСОБІВ

В.Б. Кононов, Ю.І. Кушнерук, О.В. Коваль

У статті розглянуто метод визначення коефіцієнтів важливості, які засновані на мультипликативному згортанні нормованих ознак бойових засобів та на встановленні ступені їх близькості до ознак еталонного бойового засобу

Ключові слова: склад озброєння, угруповання військ, коефіцієнти важливості.

METHODS OF DETERMINATION OF BATTLE FACILITIES IMPORTANCE COEFFICIENTS

V.B. Kononov, Yu.I. Kushneruk, O.V. Koval

The method of determination of coefficients of importance, which are based on the multiplicative rolling up of rationed of battle facilities and on establishment degrees of their closeness to standard battle mean, is considered in the article

Keywords: composition of armament, groupment of troops, coefficients of importance.