

УДК 519.876

М.Ю. Мокроцкий<sup>1</sup>, В.В. Варава<sup>1</sup>, К.И. Луговая<sup>2</sup><sup>1</sup> Научный центр боевого применения РВиА Сумского государственного университета, Сумы<sup>2</sup> Сумской государственной университет, Сумы

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрено определение весовых коэффициентов частных критериев важности направлений развития системы военного назначения с применением метода анализа иерархий. Использована аддитивная свертка нормированных частных критериев важности с учетом их весовых значений для определения обобщенных коэффициентов важности направлений развития системы военного назначения.

**Ключевые слова:** направления развития, критерий, иерархия, коэффициент важности.

### Введение

**Постановка задачи.** В мировой практике планирования строительства вооруженных сил [1] важное место занимают вопросы разработки программ развития систем военного назначения (СВН), под которыми авторами статьи рассматриваются рода (виды) войск вооруженных сил. В настоящее время накоплен существенный опыт теоретических исследований [3,5] и методических аспектов разработки целевых комплексных программ развития СВН, однако теория и методология программно-целевого планирования до этой времени носит незавершенный характер.

Поэтому актуальным остается вопрос определения приоритетных направлений развития в условиях кризисных ситуаций, которые характеризуют нынешнее состояние отечественных СВН и объективной необходимости комплексного и сбалансированного их развития. В связи, с чем очевидную важность приобретает задача определения приоритетных направлений в контексте разработки программ развития СВН с учетом количественной оценки их состояния и дальнейших перспектив развития.

Правильный выбор приоритетов позволит сконцентрировать усилия и ресурсы на реализации первоочередных мероприятий в целях обеспечения эффективности, как отдельных программных мероприятий, так и программы развития СВН в целом.

**Целью изложенного материала** является определение методического подхода к решению задачи определения приоритетных направлений развития СВН. При этом для комплексного исследования вопроса предложено рассматривать как количественный, так и качественный аспекты данной задачи.

### Основной материал

Одним из способов формирования искусственной меры, рассматриваемой задачи, является линейная свертка частичных критериев [5]. Для получения количественной меры может быть использован некоторый набор векторов нормированных статисти-

ческих данных ( $Q$ ) по каждой из рассматриваемых характеристик возможных направлений развития СВН. Решение задачи определения обобщенных коэффициентов важности направлений развития осуществляется сложением значений их нормированных частных критериев с учётом отношения приоритетов между ними ( $D$ ). При условии, что значения частных критериев важности являются независимыми величинами, формирования обобщенных коэффициентов важности возможных  $j$ -х направлений развития СВН ( $Z^j$ ) может быть проведено с помощью аддитивных преобразований вида [5]:

$$Z^j = \sum_{i=1}^k Q_i^j D_i, \quad i = \overline{1..k}, \quad j = \overline{1..l},$$

где  $D_i$  – весовой коэффициент  $i$ -х частных критериев важности направлений развития СВН,  $Q_i$  – нормированное значение  $i$ -х частных критериев важности возможных  $j$ -х направлений развития СВН,  $k$  – количество частных критериев важности направлений развития СВН,  $l$  – количество характеристик возможных направлений развития СВН. Рассматриваемая задача слабоструктурирована и требует компромиссных решений, основанных на множестве формализованных и неформализованных факторов, влияние которых не может быть описано аналитическими зависимостями. При этом определение весовых коэффициентов  $i$ -х частных критериев важности направлений развития ( $D_i$ ) СВН может быть проведено методом метода анализа иерархий (МАИ) [2 – 5].

Структурная схема использования МАИ при определении весовых коэффициентов частных критериев показана на рис. 1. В условия данной задачи (рис. 1) для определения весовых коэффициентов частных критериев будем рассматривать только «верхний» кластер этой иерархической сетки [5]. Этот кластер носит обобщенный характер. Надо заметить, что для более детального исследования проблемы необходимо дальнейшее вычисления приоритетов для кластеров, находящихся ниже по уровню иерархии.

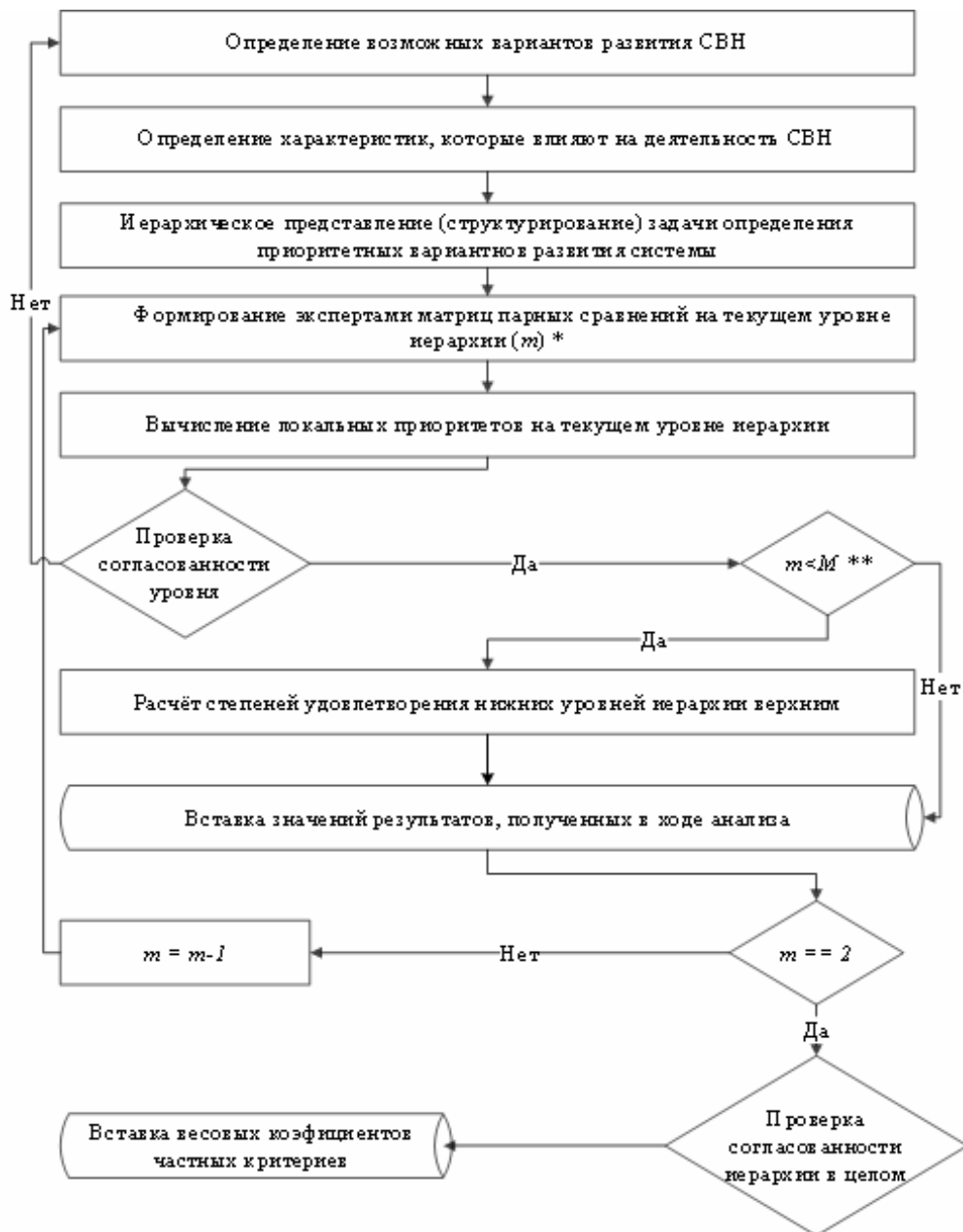


Рис. 1. Схема использования МАИ при определении весовых коэффициентов частных критериев  
Примечание: \* $m$  – индекс уровня иерархии; \*\* $M$  – общее количество уровней иерархии

В контексте данной задачи предлагается оперировать такими частными критериями важности направлений развития СВН:  $R_1$  – степень готовности к применению;  $R_2$  – степень соответствия современным требованиям;  $R_3$  – степень выполнения ранее запланированных мероприятий развития;  $R_4$  – степень соответствия потребностям (объему задач, которые могут возникнуть).

**Определение основных характеристик, влияющих на значения критериев важности направлений развития.**

Значения каждого частного критерия важности направления развития СВН находится в зависимости от ряда характеристик. Сопоставление результатов по этим характеристикам позволяет сделать выбор относительно преимущества, того или иного варианта

развития СВН. Считается, что действительно эффективное управление должно осуществляться согласно поставленным ему требованиям и с учетом присущих ему специфических законов. Можно считать лучшим тот вариант, который в большей степени соответствует совокупности характеристик, что положительно влияют на деятельность исследуемой системы.

Для решения задачи рассматривались характеристики в соответствии с основными компонентами СВН:  $F_1$  – боевой состав;  $F_2$  – боевая и мобилизационная готовность;  $F_3$  – функциональная структура системы управления;  $F_4$  – теория и практика применения;  $F_5$  – техническое оснащение ОБТ;  $F_6$  – подготовка (оперативная, боевая и мобилизационная);  $F_7$  – организационная структура. Иерархическое представление (структурирование) задачи показано на рис. 2..

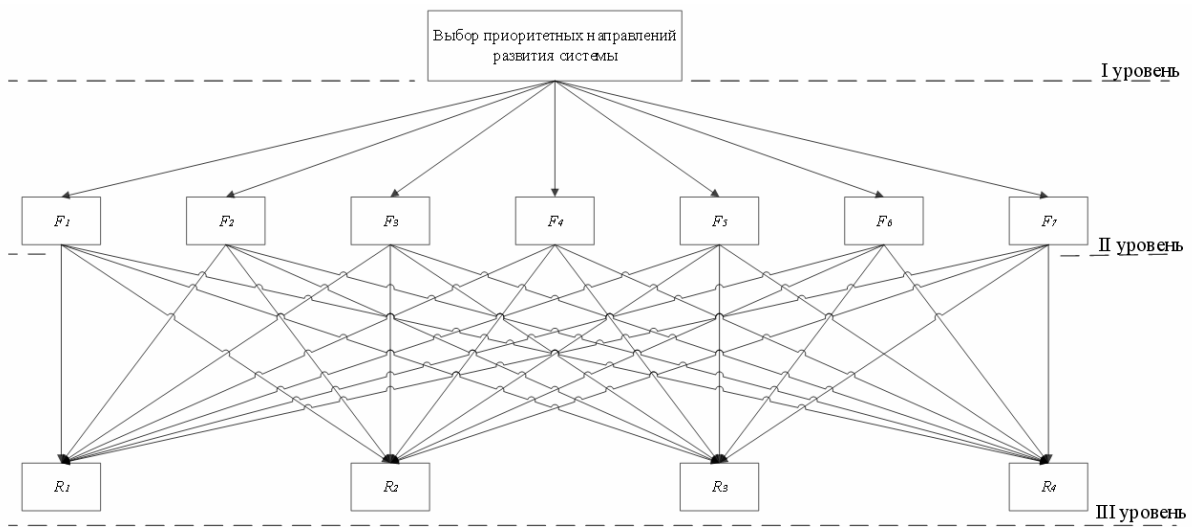


Рис. 2. Иерархическое представление задачи

**Формирование экспертами матриц парных сравнений на нижнем уровне иерархии.**

Экспертами совершается парное сравнение, насколько важен тот или иной вариант для удовлетворения каждой характеристики. Таким образом, необходимо получить 1 матриц размером  $k \times k$ , в нашем случае получим 7 матриц размером  $4 \times 4$ . Для заполнения матриц используется шкала относительной важности [5].

Полученные матрицы являются обратно симметричными. Элементы матрицы, расположенные на её диагонали равняются 1 [5].

Пусть дана пара альтернатив выбора  $R_1, R_2$ . Если альтернатива  $R_1$  превосходит  $R_2$ , то элемент матрицы, относящийся к строке  $R_1$  и столбцу  $R_2$ , заполняется соответствующей величиной из шкалы относительной важности, а элемент, относящийся к строке  $R_2$  и столбцу  $R_1$  – обратным ей значением. Если  $R_1$  и  $R_2$  одинаковы, то эти два элемента матрицы равняются единице. При привлечении группы из  $N$  экспертов для оценивания вариантов приоритетных направлений развития системы числовое значение их суждения будем определять как среднее геометрическое всех суждений экспертов [5]:

$$a_{ij}^l = \sqrt[N]{\prod_k a_{ij}^{kl}}, \quad k = \overline{1 \dots N},$$

где  $a_{ij}^{kl}$  – суждение  $k$ -ого эксперта,  $l$  – индекс характеристики;  $N$  – количество экспертов;  $i$  – индекс строки,  $j$  – индекс столбца.

Эмпирически установлено [1,5], что наиболее оптимальная по численности группа экспертов должна состоять из 10-15 человек.

**Вычисление локальных приоритетов на нижнем уровне иерархии.**

Из группы матриц парных сравнений формируется набор локальных приоритетов, характеризующих влияние полученного множества элемента на элемент, примыкающий сверху.

Для этого рассчитываются собственные вектора для каждой матрицы парных сравнений (количество матриц равняется количеству характеристик на предыдущем уровне), после чего полученные результаты нормируются.

Собственные вектора  $\vec{b}^i$  ( $i$  – индекс соответствующей характеристики) будут иметь вид:

$$b_i^l = \sqrt[n]{\prod_j a_{ij}^l}, \quad i = \overline{1 \dots n}, \quad j = \overline{1 \dots n},$$

где  $n$  – количество частных критериев.

Путём нормирования данных значений, получим векторы локальных приоритетов  $\vec{X}^i$ :

$$X_i^l = b_i^l / \sum_{i=1}^n b_i^l, \quad \sum_{i=1}^n X_i^l = 1.$$

**Проверка согласованности иерархии на нижнем уровне.**

Для проверки согласованности иерархии определяется сумма элементов (суждений) каждого столбца матрицы парных сравнений.

Получим набор векторов  $\vec{r}^l, l = \overline{1, L}$ , где  $L$  – количество характеристик, такого вида:

$$r_j^l = \sum_i a_{ij}^l, \quad i = \overline{1 \dots n}, \quad j = \overline{1 \dots n}.$$

Далее рассчитывается величина  $\lambda_{\max}^l$ .

$$\lambda_{\max}^l = \sum_{j=1}^n r_j^l X_j^l.$$

Следующим необходимо найти значение индекса согласованности (ИС):

$$ИС^l = \frac{\lambda_{\max}^l - n}{n - 1}, \quad n > 1.$$

В соответствии размеру матрицы выбирается величина случайного индекса (СИ) [5]. Отношение согласованности (ОС) определяется отношением ИС к значению, что отвечает случайной согласованности матрицы соответствующего порядка:

$$OC^1 = \frac{ИС^1}{СИ^1}.$$

Значение ОС должно не превышать 10%. В некоторых случаях ОС может приближаться к 20% [5]. Если же ОС превышает заданные границы, необходимо пересмотреть постановку задачи, моделирование иерархии или же суждения экспертов.

Следует заметить, что для иерархий более высокого порядка процедуры формирования матриц парных сравнений, вычисления локальных приоритетов и проверки согласованности иерархии для последующих уровней проводятся аналогичным образом.

**Формирование экспертами матриц парных сравнений на втором уровне иерархии.**

Как было сказано выше, данная процедура выполняется аналогично соответствующей процедуре на более низких уровнях иерархии. Построим одну квадратную обратно симметричную матрицу. Размер данной матрицы определяется количеством характеристик на этом уровне (в данном случае – 7x7). Заполнение матриц выполняется с помощью шкалы относительной важности [5].

**Проверка согласованности иерархии на втором уровне.**

Для этого определим вектор  $\vec{p}$ :

$$p_y = \sum_i f_y^z, z = \overline{1...L}, y = \overline{1...L}.$$

Затем рассчитаем значение  $\lambda_{max}$ :

$$\lambda_{max} = \sum p_y V_y$$

таким же образом, как и на уровне ниже.

**Расчёт степеней удовлетворения вариантов развития системы на нижнем уровне альтернативам её деятельности на следующем.**

При проведении анализа хотя бы двух нижних уровней иерархии необходимо определить степень их удовлетворения друг другу. И для каждого последующего уровня, опираясь на предыдущий полученный показатель, данная процедура повторяется.

Пусть есть М – количество уровней иерархии. Таким образом, расчёт степеней удовлетворения необходим, начиная с (М-1)-го уровня. Для удобства символического описания процедуры формально введём совокупность векторов степеней удовлетворения для М-го уровня и приравняем его к совокупности векторов локальных приоритетов на нижнем уровне иерархии:

$$W^M = X^M.$$

Процедура получения степеней удовлетворения для любого уровня иерархии (m) будет выглядеть так:

$$W^m = W^{m+1} R^m,$$

где  $m = \overline{M-1...2}$ , W – матрица, состоящая из векторов степеней удовлетворения; R – матрица, состоящая из векторов локальных приоритетов.

На втором уровне иерархии данная процедура хоть и происходит таким же образом, но физически носит иной характер. На данном уровне осуществ-

ляется синтез всех локальных приоритетов иерархии, то есть по этому результату будет непосредственно определяться весовой коэффициент частных критериев важности направлений развития СВН.

Так, как в задаче, которая описывается, используется трёхуровневая иерархия, расчёты по данной процедуре будут показаны в качестве синтеза всех локальных приоритетов:

$$D = XV,$$

где X, V – матрицы, состоящие из векторов локальных приоритетов на третьем и втором уровнях соответственно.

Результаты экспертного опроса, проведенных расчётов для СВН в условии, что  $\sum_i D_i = 1$ , могут быть представлены следующим образом (рис. 3).

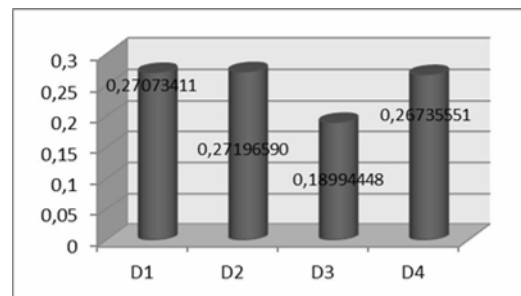


Рис. 3. Весовые коэффициенты частных критериев важности направлений развития СВН (вариант)

**Проверка согласованности иерархии в целом.**

Данный показатель определяется таким образом: отношение согласованности каждой матрицы нижнего уровня умножается на приоритет соответствующего фактора, полученного на следующем уровне; полученные значения суммируются:

$$OC = \sum_{m=M}^2 \left[ \sum_{l=1}^L OC_m^l \times \sum_{k=1}^K R_{m-1}^{lk} \right],$$

где m – индекс уровня иерархии; K – количество матриц парных сравнений на (m-1)-м уровне; k – индекс вектора локальных приоритетов на (m-1)-м уровне.

При этом следует учесть, что l – индекс матриц парных сравнений на m-м уровне и индекс элемента k-го вектора локальных приоритетов на (m+1)-м, а L – как общее количество матриц m-м уровне, так и размер элемента k-го вектора локальных приоритетов на (m+1)-м. Данное свойство обусловлено связанностью двух последующих уровней иерархии.

Приемлемым является отношение согласованности, не превышающее 10% [5].

**Определение вектора обобщённых частных коэффициентов важности направлений развития.**

Имея некоторую матрицу статистических нормированных данных, определяющих количественную меру влияния каждого частного критерия на характеристику компонент, можно получить вектор обобщённых коэффициентов, описывающий какую из рассмотренных компонент СВН, и по какому зна-

чению частного коэффициента важности (Z), приоритетней развивать:

$$Z=(E-Q)D,$$

в условиях, что  $D_{n \times 1}$  – вектор весовых коэффициентов частных критериев размера  $n \times 1$ ;  $Q_{L \times n}$  – матрица нормированных значений частных критериев размером  $L \times n$ ;  $E_{L \times n}$  – единичная матрица размера  $L \times n$ ;  $n$  – количество частных критериев;  $L$  – количество характеристик.

Результаты решения задачи по определению

приоритетных направлений развития СВН с использованием рассмотренных выше зависимостей, могут быть представлены в табл. 1.

Представленный вариант результатов решения задачи (табл. 1), исходя из значений обобщенного коэффициента важности текущего состояния СВН, дает возможность утверждать о приоритете (первоочередной необходимости) развития, в таких направлениях, как: технического оснащения, совершенствования теории и практики применения и функциональной структуры системы управления СВН.

Таблица 1

Обобщённые коэффициенты важности возможных направлений развития СВН (вариант)

№ п/п	Направления развития в соответствии с основными компонентами СВН	Частные коэффициенты важности направлений развития, характеризующие СВН в соответствии с таким критериям, как степень:								Обобщенные коэффициенты важности $Z^j$
		готовности к применению	соответствия современным требованиям	выполнения ранее запланированных мероприятий развития	соответствия потребностям (объему задач)					
		Весовые коэффициенты частных критериев								
		$D_1 = 0,270734$		$D_2 = 0,271966$		$D_3 = 0,189944$		$D_4 = 0,267356$		
		Нормированная величина частных критериев								
$E-Q$	$D_1(E-Q_1)$	$E-Q_2$	$D_2(E-Q_2)$	$E-Q_3$	$D_3(E-Q_3)$	$E-Q_4$	$D_4(E-Q_4)$			
1	$F_1$	0,0734	0,0199	0,0679	0,0185	0,0818	0,0155	0,0706	0,0189	0,0728
2	$F_2$	0,1716	0,0465	0,0947	0,0258	0,0847	0,0161	0,0985	0,0263	0,1146
3	$F_3$	0,1609	0,0436	0,2118	0,0576	0,2628	0,0499	0,1125	0,0301	0,1811
4	$F_4$	0,2047	0,0554	0,1492	0,0406	0,2368	0,0450	0,1701	0,0455	0,1865
5	$F_5$	0,1811	0,0490	0,3083	0,0839	0,2262	0,0430	0,3922	0,1049	0,2807
6	$F_6$	0,0686	0,0186	0,1081	0,0294	0,0645	0,0122	0,1125	0,0301	0,0903
7	$F_7$	0,1396	0,0378	0,0599	0,0163	0,0433	0,0082	0,0437	0,0117	0,0740
$\Sigma$		1		1		1		1		1

### Выводы

Таким образом, представленный методический подход может быть использован для формирования и выбора приоритетных направлений развития, как с учетом начального состояния СВН, так и состояния СВН в ходе выполнения программных мероприятий.

Значения обобщённых коэффициентов важности возможных направлений развития могут быть использованы для последующего решения задач: контроля и оценки выполнения программных мероприятий развития СВН, подготовки предложений для принятия решений в условиях ограниченных ресурсов.

### Список литературы

1. Основы теории и методологии планирования строительства вооруженных сил российской федерации.

Военно-теоретический труд / А.В. Квашинин, В.И. Остановков, В.Л. Манько, К.В. Сивков и др.. — М.: Воентехиздат, 2002. — 232 с.

2. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Т.Л. Саати. — М.: Издательство ЛКИ, 2008. — 360 с.

3. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т.Саати, К. Кернс. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.

4. Басакер Р.Г. Конечные графы и сети / Р.Г. Басакер, Т.Л. Саати. — М.: Наука, 1974. — 366 с.

5. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. / Т.Л. Саати. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

Поступила в редколлегию 29.01.2013

Рецензент: канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. И.В. Коплык, Сумской государственной университет, Сумы.

### МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМІВ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.Ю. Мокроцький, В.В. Варава, К.І. Лугова

Розглянуто визначення вагових коефіцієнтів часткових критеріїв важливості напрямів розвитку системи військового призначення з використанням методу аналізу ієрархій. Використана адитивна згортка нормованих часткових критеріїв важливості з урахуванням їх вагових значень для визначення узагальнених коефіцієнтів важливості напрямів розвитку системи військового призначення.

Ключові слова: напрями розвитку, критерій, ієрархія, коефіцієнт важливості.

### METHODOICAL APPROACH TO PRIORITIZATION OF MILITARY SYSTEM DEVELOPMENT DIRECTIONS

M.U. Mokrotsky, V.V. Warawa, K.I. Lugovaya

Considered a determine weighting factors of partial criteria importance of military system directions with using analytic hierarchy process. Additive convolution of normalized partial criteria considering their weight coefficient was used to determine generalized development direction of military system importance coefficient.

Keywords: development directions, criteria, hierarchy, factor of importance.