

УДК 519.81

І.І. Сидоренко, М.О. Пономаренко

*Національна академія Національної гвардії України, Харків***ВИБОР ШТУРМОВОЇ ГВИНТІВКИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ**

*У статті розв'язана практична задача оптимального вибору штурмової гвинтівки з аналогів іноземних виробників.*

**Ключові слова:** *метод аналізу ієрархій, аналітичне планування, критерії, локальні пріоритети, вектор пріоритетів.*

**Вступ**

**Постановка проблеми.** Проблема вибору завжди була та залишається найважливішою з точки зору прийняття рішень, оскільки навіть у сучасному світі при високому рівні розвитку та різноманітності комп'ютерних програм, що допомагають у прийнятті рішення, останнє слово залишається за фізичною особою, що відповідає за кінцевий результат. Основне утруднення в даному випадку полягає у тому, що в багатьох випадках з численної кількості вхідних параметрів, що визначають ситуацію, важко виділити найсуттєвіші, найвпливовіші на остаточне рішення, оскільки усі вони здаються важливими. Дана задача належить до класу задач аналітичного планування, а метод, що розглядається дозволяє чисельно оцінити пріоритети вхідних даних.

Задача представляється актуальною з практичної точки зору, оскільки на сьогоднішній день у світі існує велика кількість штурмових гвинтівок, які за своїми характеристиками не особливо відрізняються один від одного. Аналізуючи критерії, даний метод дозволяє зробити оптимальний вибір зброї, що допоможе поповнити укомплектування вогнепальною зброєю вітчизняної армії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зростаюча в останні два десятиріччя зацікавленість до планування з боку як державних структур, так і приватних незмінно натикається на питання практичного використання існуючих методик з оцінки і прогнозу-

ванню ситуацій для здійснення процесу планування. Суттєвих методів та методик існує за фактом не дуже багато і далеко не усі з них є науковими методиками з оцінки та прогнозування ситуацій.

Аналізуючи публікації, слід зазначити, що авторство метода аналізу ієрархій належить американському вченому Томасу Сааті при вирішенні проблем планування в непередбачених обставинах для Міністерства оборони США, аналізу впливу стану «ані мир, ані війна» на економічний, політичний та військовий статус Єгипту та дослідження тероризму для Агенції з контролю над озброєнням і роззброєнням у Вашингтоні [1].

Планування є природною формою аналізу та синтезу, оскільки мова йде про врахування численної кількості критеріїв, котрі впливають на кінцевий результат, що не може бути розглянутим у рамках виключно однієї концепції і передбачає наявність міждисциплінарного підходу (у тому числі введення елементів планування і аналізу у рамках математичних моделей). Подібне планування носить стратегічний характер перш за все тому, що воно приводить до змін, притаманним такого роду втручанням [2, 3].

**Мета статті:** на прикладі вирішення практичної задачі прийняття рішення складного вибору зброї показати перспективи використання у військовій справі методу аналітичного планування – однієї з найбільш потужних, але недостатньо відомих методик, яка носить назву методу аналізу ієрархій (англ. Analytic Hierarchy Process, АНР).

## Виклад основного матеріалу

Метод аналізу ієрархій є систематичною процедурою для ієрархічного подання елементів, що визначають суть будь-якої проблеми. Метод полягає в декомпозиції проблеми на все більш прості складові частини і подальшій обробці послідовності суджень особи, що приймає рішення (ОПР), за парними порівняннями. У результаті може бути вираженою відносна ступінь (інтенсивність) взаємодії елементів в ієрархії. Ці судження потім виражаються чисельно. Корисно відзначити, що отримані таким чином значення є оцінками у шкалі відносин і відповідають так званим жорстким оцінкам. Рішенням проблеми є процес поетапного встановлення пріоритетів. На першому етапі виявляються найбільш важливі елементи проблеми, на другому – найкращий спосіб перевірки спостережень, випробування та оцінки елементів; наступним етапом може бути вироблення способу застосування рішення і оцінка його якості. В результаті загального аналізу аналогів штурмової гвинтівки, було вирішено зупинитися на таких SCAR (Бельгія), HK G36 (Німеччина), Steyr AUG A3 (Австрія), ОЦ-14 «Гроза-4» (Росія), FN LR-300 (США).

В результаті обговорення вдалося визначити вісім критеріїв, яким, на нашу думку, повинний відповідати даний вид зброї. Перший крок полягає в декомпозиції та поданні завдання в ієрархічній формі. Увага була сконцентрована на найпростіших ієрархіях – домінантних.

На першому (вищому) рівні знаходиться спільна мета – «Штурмова гвинтівка». На другому рівні знаходяться вісім факторів або критеріїв, котрі уточнюють мету, і на третьому (нижньому) рівні – п'ять штурмових гвинтівок – кандидатів, які повинні бути оцінені по відношенню до критеріїв другого рівня. На рис. 1 виведені критерії, що обрані для 2-го рівня, та графічно представлена ієрархія рівнів (рис. 1).



Рис. 1. Декомпозиція задачі в ієрархії

Слід окремо зазначити, що список критеріїв дуже скорочений з метою спрощення обчислень, адже мета даної роботи – показати основний прин-

цип роботи методу. Звісно, не були враховані такі критерії, як час зношення зброї, витрати на її утримання, ціна одиниці озброєння та її боєкомплекту тощо. Такого роду інформація іноді є важкодоступною в силу зрозумілих причин.

Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижнього рівня ієрархії були порівнянні попарно по відношенню до елементів наступного рівня і т.д. аж до вершини ієрархії. Але виникають ситуації, коли основна шкала завдання існує, а судження в цьому випадку виражаються як відносини на ній. У такому випадку виникає потреба у шкалі порівняння. Формування такої шкали починається з лівого елемента матриці і ставиться запитання: наскільки він важливіше, ніж елемент вгорі? При порівнянні елемента із собою відношення дорівнює одиниці. Якщо перший елемент важливіше, ніж другий, то використовується ціле число з шкали, яка буде дана пізніше, в іншому випадку використовується зворотна величина. Шкалу відносної важливості (з інтенсивністю  $\lambda$ ) було визначено за Т. Саати [1] (табл. 1).

Таблиця 1

Шкала відносної важливості

$\lambda$	Визначення	Пояснення
1	Рівна важливість	Рівний внесок двох видів діяльності в ціль
3	Помірна перевага одного над іншим	Досвід і судження дають легку перевагу одному виду діяльності над іншим
5	Істотне або сильне перевага	Досвід і судження дають сильну перевагу одному виду діяльності над іншим
7	Значна перевага	Одному виду діяльності дається настільки сильна перевага, що воно стає практично значимим
9	Дуже сильне перевага	Очевидність переваги одного виду діяльності над іншими підтверджується найбільш сильно
2, 4, 6, 8	Проміжні рішення між двома сусідніми судженнями	Застосовуються у компромісному випадку

Слід зауважити: якщо при порівнянні одного виду діяльності з іншим отримано одне з вищевказаних чисел, то при порівнянні другого виду діяльності отримаємо зворотну величину.

Досвід застосування методу аналізу ієрархій у світовій практиці виявив такі характерні запитання, при порівнянні елементів А та Б:

- який з них важливіше або має більший вплив?
- який з них більш ймовірний?
- який з них переважніше?

Вони дозволяють визначитися з пріоритетами кожного учасника обговорення та прийти до спільної думки, яка б відображала найбільш об'єктивне судження за кожною з альтернатив. Для того, щоб зрозуміти судження, дамо короткий опис штурмових гвинтівок (табл. 2).

Таблиця 2

## Опис штурмових гвинтівок

	FN SCAR	HK G36	Steyr AUG A3	ОЦ-14 «Гроза-4»	LR-300
Країна	Бельгія	Німеччина	Австрія	Росія	США
Компонування			Булл-пап	Булл-пап	Булл-пап
Маса, кг	3,3	3,77	3,9	4	3,1
Довжина, мм	890/642	999/758	745	625	794/546
Довжина ствола мм	351	480	455	240	292
Калібр, мм	5,56	5,56	5,56	9	5,56
Скорострільність пострілів / хв	600-650	750	680-750	700	950
Початкова швидкість кулі, м/с	875	920	992	300	980
Прицільна дальність, м	600	800	650	400	300

Поєднання ієрархічної декомпозиції і шкали відносної важливості дозволяє визначити локальні пріоритети [1]. Для безпосереднього вибору штурмової гвинтівки у табл. 3 представлена матриця попарних порівнянь для другого рівня ієрархії, що містить вісім критеріїв, котрі сприймаються як такі, що впливають на спільну мету – "штурмова гвинтівка".

Таблиця 3

## Матриця попарних порівнянь для 2-го рівня ієрархії

	Схема компонування	Маса	Довжина	Довжина ствола	калібр	Швидкострільність пострілів	Початкова швидкість кулі	Прицільна дальність	Вектор пріоритетів
Схема компонування	1	1/5	1/7	3	9	4	7	3	<b>0,13</b>
Маса	5	1	3	2	9	7	9	7	<b>0,32</b>
Довжина	7	1/3	1	5	9	7	9	7	<b>0,29</b>
Довжина ствола	1/3	1/2	1/5	1	9	7	9	7	<b>0,14</b>
Калібр	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1/7	2	1/7	<b>0,02</b>
Швидкострільність пострілів	1/4	1/7	1/7	1/7	7	1	5	1/7	<b>0,015</b>
Початкова швидкість кулі	1/7	1/9	1/9	1/9	1/2	1/5	1	1/9	<b>0,07</b>
Прицільна дальність	1/3	1/7	1/7	1/7	7	7	9	1	<b>0,04</b>

$$\lambda_{\max} = 11,94; \text{ИС} = 0,563; \text{ОС} = 0,399.$$

Дана матриця визначає вектор пріоритетів, власне значення  $\lambda_{\max}$ , індекс узгодженості і відношення узгодженості. У порівняно великих матрицях (від 7 до 9 елементів) часто важко досягти високого рівня узгодженості. Тим не менш, рівень узгодженості повинен відповідати тому ризику, який супроводжує роботу з неузгодженими результатами. Одним з найбільш успішних і легких способів структурувати і вирішити проблему за допомогою метода аналізу ієрархій є застосування програмної системи Expert Choice. Матриця попарних порівнянь 3-го рівня представлена у табл. 4.

Таблиця 4

## Матриця попарних порівнянь для 3-го рівня ієрархії

Схема компонування	FN SCAR (Бельгія)	HK G36 (Німеччина)	Steyr AUG A3 (Австрія)	ОЦ-14 «Гроза-4» (Росія)	LR-300 (США)	Вектор пріоритетів
FN SCAR (Бельгія)	1	1	1/3	1/3	1	<b>0,11</b>
HK G36 (Німеччина)	1	1	1/3	1/3	1	<b>0,11</b>
Steyr AUG A3 (Австрія)	3	3	1	1	3	<b>0,33</b>
ОЦ-14 «Гроза-4» (Росія)	3	3	1	1	3	<b>0,33</b>
LR-300 (США)	1	1	1/3	1/3	1	<b>0,11</b>

$$\lambda_{\max} = 5; \text{ИС} = 0; \text{ОС} = 0.$$

Покажемо лише принципову схему розрахунків.

## 1. Матриця.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 \\ 3 & 3 & 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 1/3 & 1/3 & 1 \end{pmatrix}$$

2. Обчислення оцінки компонент власного вектора по рядках.

$$\text{Для 1-го рядка: } \sqrt[5]{1 \cdot 1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1} = \sqrt[5]{\frac{1}{9}} = 0,64 = a;$$

2-го – 0,64 = b; 3-го – 1,93 = c; 4-го – 1,93 = d; 5-го – 0,64 = e.

## 3. Нормалізація результату по рядках.

$$0,64 + 0,64 + 1,93 + 1,93 + 0,64 = 5,78$$

$$a / 5,78 = 0,11, \quad b / 5,78 = 0,11, \quad c / 5,78 = 0,33,$$

$$d / 5,78 = 0,33, \quad e / 5,78 = 0,11$$

## 4. Знаходження індексу узгодженості (ІУ).

1) додаємо елементи кожного стовпчика матриці;

2) множимо суму кожного стовпчика на величину першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів:

$$9 \cdot 0,11 = 0,99; \quad 9 \cdot 0,11 = 0,99; \quad 3 \cdot 0,33 = 0,99;$$

$$3 \cdot 0,33 = 0,99 \quad 9 \cdot 0,11 = 0,99;$$

3) отримані результати додаємо і знаходимо число  $\lambda_{\max} = 0,99 \cdot 5 \approx 5$  ( $\lambda_{\max} \geq n$ );

4) знаходимо  $IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5 - 5}{5} = 0$ , де  $n$  – кількість порівняних елементів  $n = 5$

Порівнюємо цю величину з тією, що ми б отримали у разі випадкового вибору (ВВ) кількісних суджень, яка для матриці вимірності 5 дорівнює 1,12.

Отримаємо відношення узгодженості (ВУ):

$$ВУ = IU / ВВ = 0 / 1,12 = 0.$$

Таким чином розраховуємо ВУ для усіх інших локальних пріоритетів рівня 3.

Розрахунки дозволяють інтерпретувати пріоритети. Аналіз показує, що маса штурмової гвинтівки сприймається як найбільш важливий критерій при виборі штурмової гвинтівки. Він майже в 2 рази важливіше структури (0,319 проти 0,125) і набагато

важливіший початкової швидкості кулі, що має дуже низький пріоритет, рівний 0,067.

Для того, щоб точно визначити "переможця", слід застосувати принцип синтезу. Для виявлення складових чи глобальних пріоритетів штурмових гвинтівок в матриці локальні пріоритети розташовуються стосовно кожному критерію, кожен стовець векторів множиться на пріоритет відповідного критерію і результат складається вздовж кожного рядка. Наприклад, для штурмової гвинтівки LR-300(США) маємо:

$$0,11 \cdot 0,13 + 0,09 \cdot 0,32 + 0,37 \cdot 0,29 + 0,46 \cdot 0,14 + 0,24 \cdot 0,02 + 0,43 \cdot 0,015 + 0,3 \cdot 0,07 + 0,05 \cdot 0,04 = 0,2445.$$

З розрахунків 1-го рівня (табл. 5,  $\Lambda$  – узагальнені або глобальні пріоритети) за усіма зразками гвинтівок видно, що штурмова гвинтівка LR-300 (США) виявилася переможцем.

Таблиця 5

Результати розрахунків 1-го рівня

	1 (0,13)	2 (0,32)	3 (0,29)	4 (0,14)	5 (0,02)	6 (0,015)	7 (0,07)	8 (0,04)	$\Lambda$
FN SCAR (Бельгія)	0,11	0,15	0,3	0,19	0,24	0,14	0,17	0,19	<b>0,2023</b>
HK G36 (Німеччина)	0,11	0,4	0,16	0,07	0,24	0,14	0,17	0,46	<b>0,2357</b>
Steyr AUG A3(Австрія)	0,33	0,3	0,09	0,07	0,24	0,14	0,3	0,19	<b>0,2103</b>
ОЦ-14 «Гроза-4» (Росія)	0,33	0,15	0,09	0,19	0,05	0,14	0,05	0,09	<b>0,1538</b>
<b>LR-300 (США)</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>	<b>0,37</b>	<b>0,46</b>	<b>0,24</b>	<b>0,43</b>	<b>0,3</b>	<b>0,05</b>	<b>0,2445</b>

## Висновки

Метод аналізу ієрархій застосовується практично скрізь, де є складний вибір. Даний метод має перспективи достатньо широкого застосування, дозволяючи виконувати спеціальні попарні порівняння для багатокритеріальних об'єктів з урахуванням індивідуальних вподобань і впливу на кінцевий результат більш широкого кола факторів, ніж ті, що були наведені в даній роботі. Подальша «згортка» (у даному випадку – лінійні перетворення) дозволяє чітко визначити досліджувану проблему, виявити найбільш вагомні елементи та, що є найважливішим, провести багатогранну комплексну оцінку з використанням експертних знань і підходів з різних областей, у тому числі і в рішенні стратегічних задач військового прикладення, наприклад, прогнозування розвитку транспортних магістралей для передислокування численних армій

на дальні відстані з одночасним виявленням «вузьких» місць і варіантів проблем та ускладнень.

## Список літератури

1. Саати Т. Аналитическое планирование [Текст] / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
2. Бенвенисте Г. Овладение политикой планирования: Создание реально выполнимых пл. и политики, которая ведет к переменам [Текст] / Г. Бенвенисте. – М.: Прогресс; Фирма Универс, 1994. – 304 с.
3. Применение экспертных оценок для задач стратегического планирования [Текст]: препринт / Д.С. Шмерлинг, Т.Ю. Кузнецова., П.Ю. Чеботарев, Э.П. Чуркин. – М.: МШЭ МГУ ЦСП, 2008. – 36 с.

Надійшла до редколегії 18.11.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.І. Адаменко, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків.

## ВЫБОР ШТУРМОВОЙ ВИНТОВКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

И.И. Сидоренко, М.А. Пономаренко

*В статье решена практическая задача оптимального выбора штурмовой винтовки из аналогов не отечественных производителей на основе метода анализа иерархий.*

**Ключевые слова:** метод анализа иерархий, аналитическое планирование, критерии, локальные приоритеты, вектор приоритетов.

## A CHOICE AN ASSAULT RIFLE ON THE BASIS OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

I.I. Sydorenko, M.O. Ponomarenko

*A solution of a sum about an optimum choice of an assault rifle from analogs not domestic producers on the basis of Analytic Hierarchy Process are considered in the article.*

**Keywords:** the analytic hierarchy process, analytic planning criteria, local priorities, vector priori means.