

УДК 355

DOI: <https://doi.org/10.33099/2304-2745/2023-1-77/120-129>

Романюк А. М.

(0000-0002-4268-0601)

Центр воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

## Оцінювання важливості об'єктів транспортної системи за допомогою методу аналізу ієрархій

**Резюме.** Наведено методичний підхід до визначення важливості об'єктів системи залізничних перевезень під час виконання завдання Силами територіальної оборони із забезпечення умов для стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегрупування у зоні (районі) територіальної оборони.

**Ключові слова:** сили територіальної оборони Збройних Сил України; розгортання військ (сил); територіальна оборона; важливість об'єктів; система залізничних перевезень; метод аналізу ієрархій.

**Постановка проблеми.** Відповідно до законодавчої та нормативно-правової бази [1–3], а також досвіду ведення територіальної оборони (ТрО), на підрозділи Сил територіальної оборони Збройних Сил України (СТрО) покладено завдання із забезпечення умов для стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегрупування. Виконання даного завдання полягає, у тому щоб мінімізувати збиток об'єктам транспортної системи, тим самим забезпечити своєчасне розгортання військ (сил) у визначених операційних зонах (районах).

Досвід російсько-українського збройного конфлікту показує, що на його початку в зоні територіальної оборони активно діятимуть диверсійно-розвідувальні групи (далі – ДРГ) противника з метою виявлення та знищення (виведення з ладу) об'єктів органів державного управління, військових об'єктів (пункти управління, пускові установки системи ППО, аеродроми, бази (склади) зберігання матеріальних засобів), об'єкти транспортної системи (залізничні станції, вузли, мости, колії; морські (річкові) порти; аеропорти). В цей час пріоритетними об'єктами для ДРГ противника будуть саме об'єкти транспортної системи, так як їх знищення (виведення з ладу) дозволить зірвати розгортання наших військ (сил) і забезпечити сприятливі умови для просування своїх військ (сил) у глибину нашої території та зайняти вигідні райони.

Транспортна система є ключовим елементом інфраструктури України, яка суттєво впливає на підготовку і способи ведення воєнних дій і збройного конфлікту загалом. Вона забезпечує переміщення своїх військ у визначенні операційні зони (райони) для ведення бойових дій, виконує перевезення

матеріальних засобів, евакуаційні та інші заходи.

Однією зі складових транспортної системи є система залізничних перевезень, що забезпечує швидке і дешеве перевезення військ (сил). Вона включає в себе об'єкти інфраструктури, рухомого складу, які відрізняються за своїм цільовим призначенням. В той же час система залізничних перевезень є об'єктом нападу ДРГ противника.

Знищення (виведення з ладу) важливих об'єктів системи залізничних перевезень суттєво ускладнить її роботу та призведе до зриву розгортання військ (сил). Захищеність і недопущення виходу з ладу об'єктів системи залізничних перевезень є одним із пріоритетних завдань СТрО під час виконання заходів з територіальної оборони. Це обумовлює мати в складі СТрО такі сили і засоби, які будуть спроможні своєчасно виявляти та знищувати ДРГ противника. Тим самим відвернути збиток системі залізничних перевезень.

Тому оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень є важливим етапом який здійснюється органами військового управління СТрО в ході планування застосування сил і засобі до виконання завдання із забезпечення умов для стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегрупування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для визначення важливості об'єктів транспортної інфраструктури можуть використовуватись, як аналітичні так і експертні методи. Методичні положення застосування цих методів наведенні у роботах [4–6].

У роботі [4] наведено методичний підхід до ранжирування пунктів управління

(визначення коефіцієнтів їх оперативнотактичної важливості), що дає змогу прогнозувати черговість їх ураження на окремих етапах операції (бойових дій).

У роботі [5] наведено методичний підхід до оцінювання пріоритетності об'єктів 1-ї і 2-ї груп регіонального і місцевого значення для їх охорони і оборони військовими частинами (підрозділами) територіальної оборони в зоні територіальної оборони.

У роботі [6] наведено приклад оцінювання важливості пунктів управління угруповання військ в оборонній операції.

Разом з тим недостатньо уваги приділяється об'єктам системи залізничних перевезень, у разі знищення (виведення з ладу) яких вона стає неспроможною виконувати свої транспортні функції.

Для оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень доцільно обрати метод аналізу ієрархій, який на відміну від аналітичних методів дозволяє здійснити ранжування об'єктів транспортної інфраструктури за всіма визначеними ознаками з певним ступенем компромісу. Це дає можливість повніше оцінити вплив ДРГ противника на виконання системою транспортних функцій.

**Метою статті** є висвітлення методичного підходу до оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень з урахуванням особливостей їх функціонування під час виконання завдань з територіальної оборони.

**Виклад основного матеріалу.** Враховуючи велику мережу залізниць, складність фізико географічних умов, відсутність можливості СТРО побудувати багато ешелоновану оборону виникає

нагальна потреба зосередити (розподілити) наявні сили і засоби в зонах (районах) ТРО так, щоб щільність їх розміщення забезпечила в короткий проміжок часу виявлення та нанесення максимально можливих втрат ДРГ противника.

При розподілі сил і засобів необхідно враховувати важливість об'єктів системи залізничних перевезень, які підлягають знищенню (виведенню з ладу) ДРГ противника та суттєво вплинуть на хід виконання завдання.

Важливості об'єктів системи залізничних перевезень визначаються коефіцієнтами, які змінюються від 0 до 1. Ці коефіцієнти характеризують значущість (корисність, рейтинг) кожного із сукупності об'єктів. У даній статті під *коефіцієнтом важливості об'єктів системи залізничного перевезення* приймається відносна кількісна міра значущості його функціонування в транспортній системі для виконання завдань із перевезення військ.

Важливість об'єктів системи залізничних перевезень залежить від їх впливу на виконання завдань під час оперативного розгортання військ (сил), своєчасного виходу у задані райони та логістичного забезпечення. При цьому ураховують економічні та часові наслідки, які можуть виникнути у разі часткового або повного руйнування об'єктів.

Типові об'єкти визначаються шляхом узагальнення всіх об'єктів, які можуть знищуватись ДРГ противника. Система залізничних перевезень включає в себе багато різнотипних об'єктів, кожен з яких має свої характеристики. Нижче наведено список об'єктів системи залізничних перевезень та їх тип (Табл. 1) [14].

Таблиця 1

Перелік об'єктів системи залізничних перевезень

Категорія	Назва об'єкта	Тип
Інфраструктура	Рейкова колія	Стаціонарний
	Вантажно-розвантажувальні станції	Стаціонарний
	Залізнична станція	Стаціонарний
	Залізничний вузол	Груповий
	ЗД мости, тунелі	Точковий
	Колійний пост	Стаціонарний
Рухомий склад	Тяговий склад (тепловоз, електровоз, газотурбовоз)	Тяговий
	Вагон пасажирський	Рухомий
	Вагон для вантажу	Рухомий
Сигнальна система і зв'язку	Світлофори	Стаціонарний
	Показчики	Прохідний
Логістична система	Локомотивне ДЕПО	Стаціонарний
	Організації перевезень	Стаціонарний

Найбільш ефективний спосіб зірвати, сповільнити темпи розгортання військ (сил), це руйнування об'єктів залізниці, які здійснюють перевезення особового складу, озброєння, боєприпаси, паливо-мастильні матеріали та гарантує вчасне зайняття військами місце в бойових порядках. Ступінь руйнування та час відновлення наведено в Табл. 2.

При визначенні важливості об'єктів системи залізничних перевезень необхідно

враховувати особливості, такі як легкість руйнування та тривалого часу відновлення об'єкту.

Руйнування елементів системи залізничних перевезень дозволить зупинити розгортання військ, якщо не на всю глибину операційної зони, то на глибину прикордонних районів, що призведе до втрати контролю над територіями [7].

Таблиця 2

Характеристика об'єктів

№	Об'єкти	Ступінь руйнування	Час відновлення
1	Колії	Легко	5-6 год.
2	Тягові підстанції	Легко	2-3 доби
3	Залізничний міст	Середня легкість	Від 1 року і більше
4	Локомотивне ДЕПО	Середня легкість	Від 1 до 6 місяців
5	Колійний пост	Легко	2-3 доби
6	Система електричної централізації стрілок і сигналів	Легко	Від 1 до 6 місяців
7	Вузлові станції	Дуже легко	Оперативно – 2-3 доби. Повне відновлення – від 1 до 6 міс.

У кожній зоні територіальної оборони, протяжність залізничних колій сягає ~ 1000 км, 10-15 тягових підстанцій, 1-3 локомотивних ДЕПО, вузлова станція, колійний пост зі стрілковими переводами і центрами сигналізації і зв'язку [8].

Для того щоб визначити пріоритетність застосування підрозділів СТрО під стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегруповання в ході ведення територіальної оборони у зоні ТрО та обґрунтувати склад сил і засобів, необхідно провести ранжування об'єктів за їх важливістю.

Завдання визначення важливості об'єктів належить до типу слабо структурованих проблем, що характеризуються наявністю, як добре формалізованих компонентів і зв'язків, так і компонентів та зв'язків, які не можуть бути оцінені за допомогою об'єктивних методів. Для визначення важливості об'єктів за слабо структурованими проблемами характерне використання об'єктивних методів, за допомогою яких можна отримати кількісні показники, і суб'єктивні методи, які ґрунтуються на судженнях групи експертів [9-13].

Ураховуючи, що під час визначення коефіцієнтів важливості типових об'єктів необхідно враховувати низку характеристик, таке завдання не вирішують за допомогою

формальних методів. У зв'язку з цим доцільно використати метод експертних оцінок [9].

У цій статті для оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень застосовується метод аналізу ієрархій (далі – МАІ).

У загальному випадку [9] МАІ містить такі етапи:

**Перший етап:** здійснюється декомпозиція та структуризація проблеми у вигляді ієрархії чи мережі. Ієрархія будується зверху (визначається мета задачі, яка повинна розв'язуватися), через проміжні рівні ієрархії (показники від котрих залежать наступні рівні) до найнижчого рівня, який є переліком об'єктів (рис. 1);

**Другий етап:** після декомпозиції проблеми та ієрархічного зображення задачі формуються матриці попарних порівнянь (Табл. 3) для кожного рівня ієрархії:

на другому рівні ієрархії попарно порівнюється важливість властивості відносно мети;

на третьому рівні – важливість показників відносно властивостей;

на четвертому рівні – важливість об'єктів відносно показників [12].

Якщо на попередньому рівні знаходиться у елементів, то для рівня, що оцінюється, необхідно побудувати у матриць попарних порівнянь.

При застосуванні МАІ не рекомендується порівнювати більше  $7 \pm 2$  елементи.

Матриця має властивість оберненої симетричності, тобто  $a_{1y} = 1/a_{y1}$ . Елементи матриці, які розташовані по діагоналі, дорівнюють одиниці.

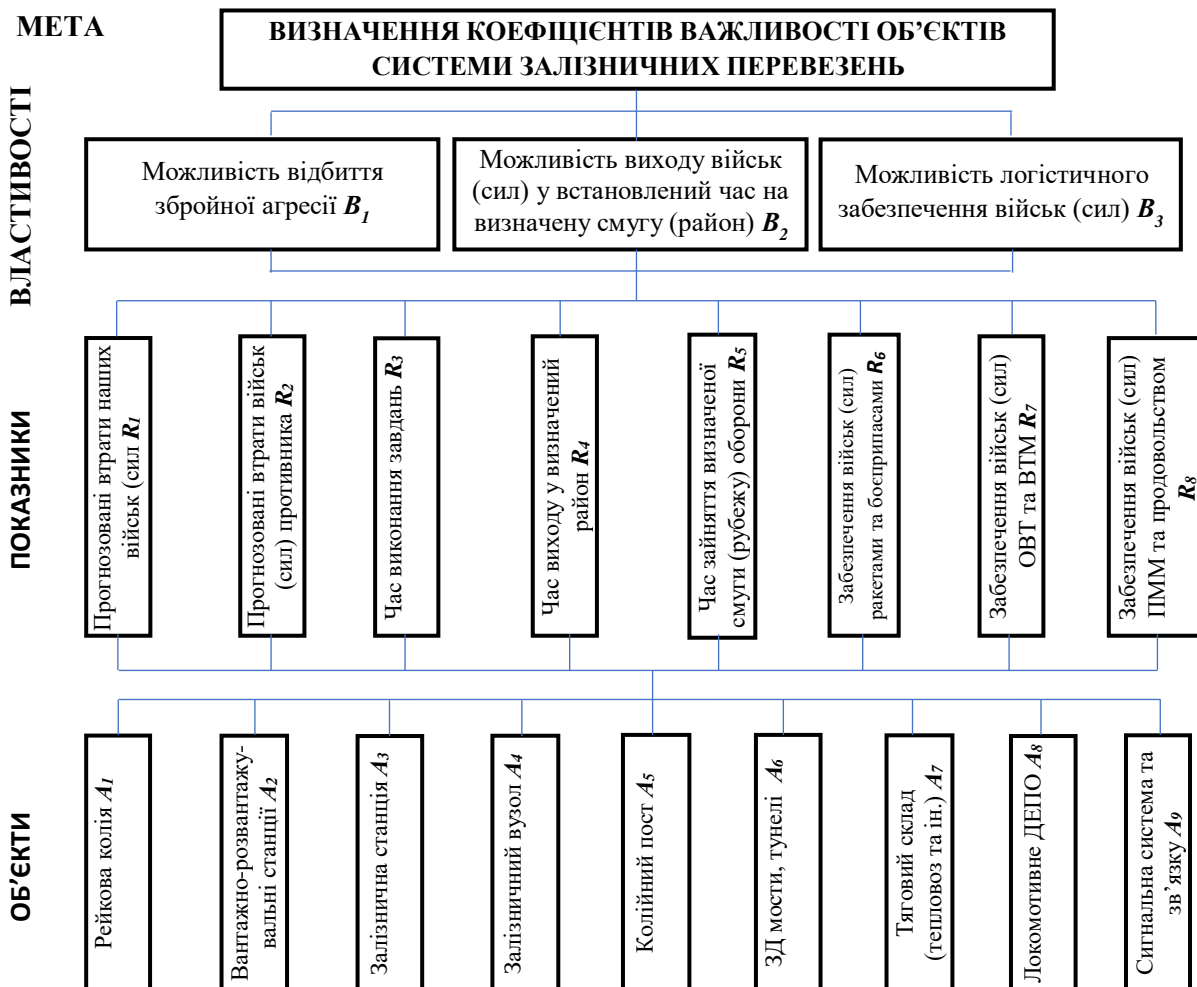


Рис. 1. Ієрархічне зображення задачі

Таблиця 3

Матриця попарних порівнянь

Елементи	$E_1$	$E_2$	...	$E_y$
$E_1$	1	$a_{12}$	...	$a_{1y}$
$E_2$	$a_{21}$	1	...	$a_{2y}$
...	...	...	1	...
$E_y$	$a_{y1}$	$a_{y2}$	...	1

Оцінка експерта робиться у вигляді відношень відносної важливості елементів, які визначаються важливістю одного елемента рядка порівняно з другим елементом стовпця (Табл. 4) [11] їх вагу, можна записати у такому вигляді:

$$a_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \dots; a_{y1} = \frac{\omega_1}{\omega_y}, \quad (1)$$

де  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_y$  – відносна важливість елементів, які використовуються для попарних порівнянь.

Матриці можуть заповнюватися експертами, досягаючи консенсусу між собою, або індивідуально кожним експертом. У разі індивідуальної оцінки експертами, їх результати зводяться до однієї матриці геометричного середнього.

$$a_y = \sqrt[W]{\prod_k a_{yk}}, \quad k = \overline{1, W}, \quad (2)$$

де  $a_{yk}$  – судження  $k$ -го експерта;  $W$  – кількість експертів

Важливо розуміти, якщо  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_y$  невідомі заздалегідь, то попарне порівняння елементів здійснюється з використанням суб'єктивних суджень, чисельно оцінюваних по шкалі (Табл. 4).

Таблиця 4

Шкала відносної важливості

Ступінь важливості ( $\omega$ )	Визначення	Пояснення
1	Однакова важливість	Два фактори вносять однаковий вклад у досягнення мети
3	Помірне переважання одного фактору над іншим (слабка значимість)	Досвід і судження дають легку перевагу одному чиннику над іншим
5	Істотна або сильна значимість	Досвід і судження дають сильну перевагу одному чиннику над іншим
7	Дуже сильна або очевидна значимість	Перевага одного чинника над іншим дуже сильна
9	Абсолютна значимість	Свідчення на користь уподобання одного фактору іншому найвищою мірою переконливі
2,4,6,8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали	Застосовуються в компромісних випадках

Необхідно відмітити, що клітинки матриці заповнюються у відповідності із суб'єктивним судженням експертів на підставі

їх уподобань, сприйняття обмежень, можливостей, з використанням шкали від 1 до 9. Приклад наведено в Табл. 5.

Таблиця 5

Матриця попарних порівнянь

Елементи	$E_1$	$E_2$	$E_3$	□□□	$E_y$	Власний вектор	Вектор пріоритетів
$E_1$	1	1/5	3	□□□	1/5	$P_1$	$x_1$
$E_2$	5	1	7	□□□	1/3	$P_2$	$x_2$
$E_3$	1/3	1/7	1	□□□	1/7	$P_3$	$x_3$
□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□	□□□
$E_y$	5	3	7	□□□	1	$P_y$	$x_y$
Сума суджень	$z_1$	$z_2$	$z_3$	□□□	$z_{ym}$		1

**Третій етап:** із групи матриць попарних порівнянь сформується набір векторів пріоритетів, які виражають відносний вплив множини елементів на елемент, що примикає з верхнього рівня ієрархії. Для цього обчислюються власні вектори  $P$  для кожної  $m$ -ї матриці парних порівнянь і результат нормалізується для кожного рядка (Табл. 5) визначається середнє геометричне за формулою [11]:

$$P_y = \sqrt[y]{\frac{\omega_1}{\omega_1} \times \frac{\omega_1}{\omega_2} \times \frac{\omega_1}{\omega_3} \times \dots \times \frac{\omega_{ym}}{\omega_{my}}}, \quad y = \overline{1, M}. \quad (3)$$

Вектор пріоритетів дозволяє зробити більш об'єктивні та обгрунтовані висновки, а також спрощує процес прийняття рішень, де різні елементи мають різний рівень важливості.

**Четвертий етап:** після того як компоненти власного вектора отримані для всіх рядків, величина  $P_y$ , нормалізується – отримується вектор пріоритетів  $X$  (Табл. 5), який розраховується за формулою:

$$x_y = \frac{P_y}{\sum_y P_y}; \quad \sum_y x_y = 1. \quad (4)$$

де  $x_y$  – вектор пріоритету  $m$ -ї властивості,  $m = \overline{1, M}$ ;

$M$  – кількість властивостей;

**П'ятий етап:** після того, як всі елементи поранжено для оцінки ступеня узгодженості порівнянь, зроблених у процесі аналізу, розраховується індекс узгодженості ІУ. Цей індекс дає оцінку того, наскільки

наближені або суперечливі були порівняння, зроблені експертами.

Індекс узгодженості корисний для виявлення можливих помилок або непослідовностей в порівняннях, які можуть вплинути на якість отриманих результатів. Якщо значення індексу узгодженості високе, це свідчить про добру узгодженість порівнянь, що підтверджує надійність отриманих результатів. У випадку, коли значення індексу узгодженості низьке, можуть бути потрібні додаткові перегляди або корекції порівнянь, щоб покращити узгодженість та достовірність аналізу.

Узгодженість векторів пріоритетів матриць попарних порівнянь, розраховується наступним чином [4]:

визначається сума суджень (елементів) кожного стовпця матриці парних порівнянь (Табл. 5):

$$z_{ym} = \sum_m a_{ym}, \quad m = \overline{1, M} \quad (5)$$

обчислюється величина  $\lambda_{\max}$ , для цього сума першого стовпця помножується на величину першої компоненти нормалізованого вектора пріоритетів, сума другого стовпця на другу компоненту і так далі:

$$\lambda_{\max} = z_1 x_1 + z_2 x_2 + \dots + z_{ym} x_{ym} \quad (6)$$

розраховується індекс узгодженості:

$$IU = \frac{\lambda_{\max} - M}{M - 1}, \quad M > 1. \quad (7)$$

При цьому для обернено-симетричної матриці завжди  $\lambda_{\max} \geq M$ .

Середні узгодженості для випадкових матриць різного порядку наведенні у Табл. 6 [10].

Таблиця 6

Середні узгодженості для випадкових матриць

Розмір матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня випадкова узгодженість	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Відношення узгодженості (**ВУ**) визначається діленням **IУ** на число, яке відповідає випадковій узгодженості матриці того ж порядку (Табл. 5). Величина **ВУ** має бути не більше ніж 10% [12], у деяких випадках може наближатись до 20%. Коли **ВУ** перевищує ці межі, необхідно перевірити правильність поставленої задачі та суджень експерта [14].

**Шостий етап:** використовуючи принцип синтезу для зважування векторів

пріоритетів вагами показників вираховується сума за всіма відповідно оціненими компонентам векторів пріоритетів кожного рівня ієрархії, що знаходяться нижче [11].

Пріоритети синтезуються починаючи з другого рівня ієрархії донизу. У такому випадку, для визначення ваги показника  $d_j$  відносно  $i$ -ї властивості застосовується наступна формула

$$d_j = \sum_{i=1}^m b_{ij} a_i, \quad j = \overline{1, n}, \quad i = \overline{1, m}, \quad \sum_{j=1}^n d_j = 1, \quad (8)$$

де  $a_i$  – вектор пріоритету властивості;

$b_{ij}$  – пріоритет  $j$ -го показника, який замикається на  $i$ -у властивість;

$n$  – кількість показників, через які об'єкти впливають на визначені властивості;

$m$  – кількість властивостей.

Далі розраховуються коефіцієнти важливості об'єктів  $K_l$  за наступним виразом

$$K_l = \sum_{l=1}^L C_{lj} d_j. \quad (9)$$

де  $C_{lj}$  – пріоритет впливу функціонування

$l$ -го об'єкта на  $j$ -й показник,  $l = \overline{1, L}$ ;

$L$  – кількість об'єктів системи залізничних перевезень, які замикаються на  $j$ -й показник.

Отже, враховуючи вище викладений матеріал, розглянемо застосування МАІ на прикладі визначення важливості об'єктів системи залізничних перевезень. Алгоритм методики визначення важливості об'єктів системи залізничних перевезень показаний (далі – СЗП) на рис. 2.

Система залізничних перевезень включає в себе різноманітні компоненти та процеси, які взаємодіють між собою для забезпечення ефективної та безпечної транспортної діяльності. Основні компоненти системи залізничних перевезень можна умовно розділити на наступні складові: інфраструктура залізниці; рухомий склад; системи сигналізації та зв'язку; логістична система [8]. Важливість збереження об'єктів

СЗП забезпечить вчасне розгортання військ (сил), для відсічі збройної агресії. Тому під час територіальної оборони в ході прийняття рішення командувачем СТрО необхідно знати скільки в кожній прикордонній зоні (районі) ТрО знаходиться таких об'єктів системи залізничних перевезень і який необхідно мати склад сил і засобів для забезпечення її стійкого функціонування.

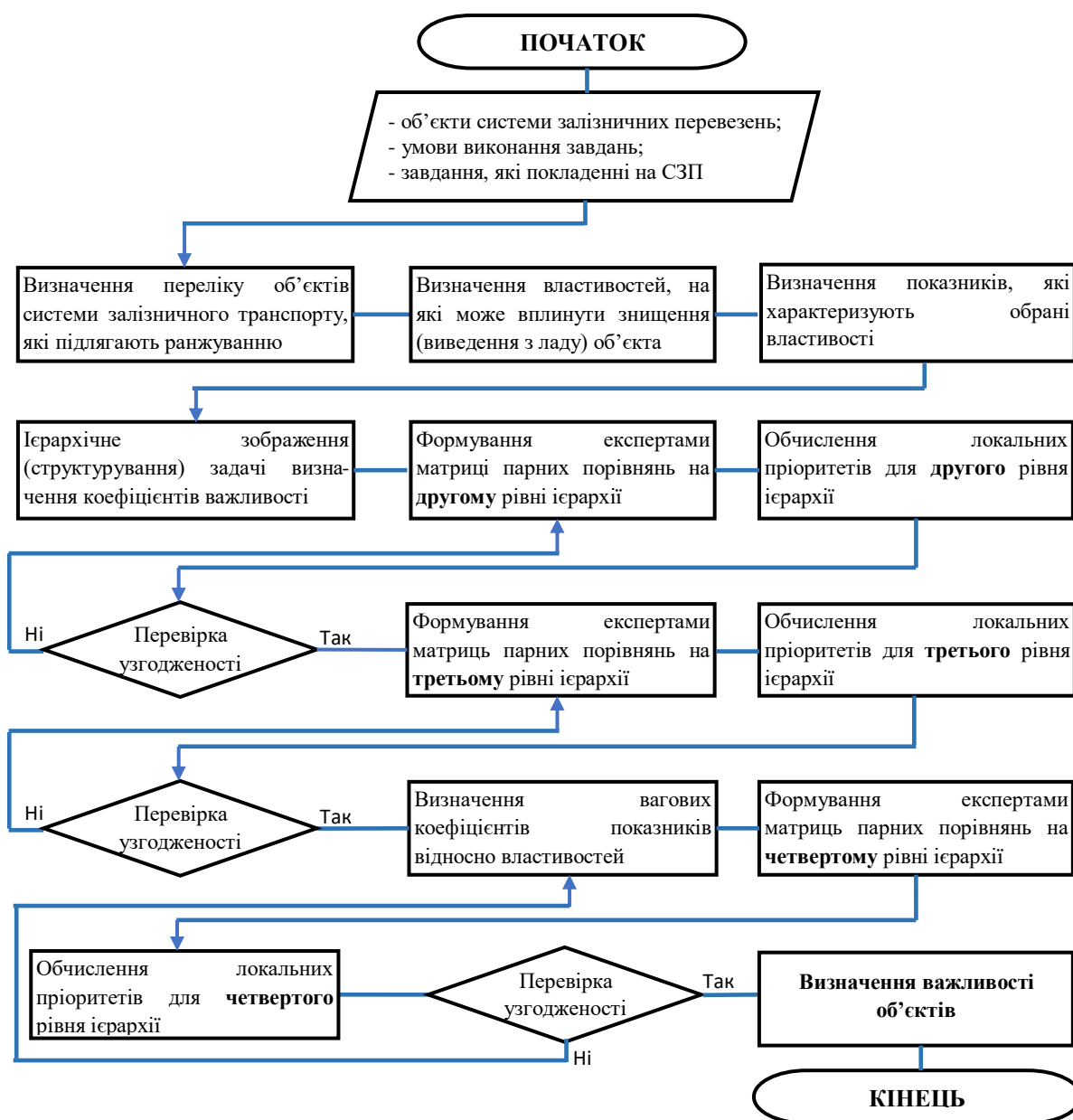


Рис. 2. Алгоритм методики оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень транспортної системи

Виходячи із цього, за допомогою МАІ здійснено вибір найбільш важливих об'єктів системи залізничних перевезень.

На першому етапі зведено декомпозицію задачі в таку ієрархію (рис. 3), де графічно зображено зв'язки між метою та різними рівнями ієрархії.

Основними властивостями  $B_i, i = \overline{1, M}$ , СЗП є: можливість відбиття збройної агресії –  $B_1$ ; вихід у встановлений час на визначену смугу (район) –  $B_2$ ; можливість логістичного забезпечення військ (сил) –  $B_3$ .

До показників, які впливають на зазначенні властивості належать:  $R_1$  – прогнозовані втрати військ (сил) противника;  $R_2$  – прогнозовані втрати своїх військ (сил);  $R_3$  – час виконання завдань;  $R_4$  – час виходу у визначений район;  $R_5$  – час зайняття визначеної смуги (рубежу) оборони;  $R_6$  – забезпечення військ (сил) ракетами та боеприпасами;  $R_7$  – забезпечення військ (сил) ОБТ та ВТМ;  $R_8$  – логістичне забезпечення військ (сил).

На другому етапі, після декомпозиції проблеми та ієрархічного зображення задачі, сформовано: на другому рівні – одну  $3 \times 3$ , на третьому рівні – три  $8 \times 8$ , на четвертому рівні – вісім  $9 \times 9$  обернено симетричних матриць попарних порівнянь (Табл. 3).

Елементи кожного рівня ієрархії, починаючи з другого, порівнюються експертами попарно по відношенню до їх впливу (ваги) на загальну для них характеристику попереднього рівня [11].

До оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень було залучено 5 експертів, а саме: командир окремої бригади СТрО, провідні наукові співробітники Центру військово-стратегічних досліджень Національного університету оборони України. Оцінювання важливості об'єктів СПЗ здійснювалось групою експертів у формі круглого столу, де в ході дискусії

експерти приходили до спільної згоди і вносили оцінку у відповідну клітинку матриці попарних порівнянь.

З метою спрощення розрахунків обробка матриць попарних порівнянь проводилась з використанням програмного продукту "Excel".

У Табл. 7 наведено матрицю попарних порівнянь із проведеними розрахунками числових значень власного вектору, вектору пріоритетів та індексу узгодженості.

Починаючи із другого рівня ієрархії групою експертів здійснено попарне порівняння властивостей відносно мети завдання (Табл. 7). Далі для того щоб зрозуміти, яка властивість є найбільш важливою, за формулами (3) розраховуємо значення власного вектору і отримуємо вагові коефіцієнти кожної властивості.

На основі розрахованого власного вектору ( $P$ ) з метою встановлення конкретного значення пріоритетів для кожної властивості рядку за формулою (4) обчислюється вектор пріоритетів ( $a$ ), що дозволить числово оцінити і проранжувати властивості відповідно до їх важливості.

З метою виявлення можливих помилок або непослідовностей в порівняннях за формулами (5) – (7) розраховуємо індекс узгодженості  $IY$ .

Таблиця 7

Матриця попарних порівнянь для елементів другого рівня ієрархії

Властивості	$B_1$	$B_2$	$B_3$	Власний вектор $P$	Вектор пріоритетів $a$
$B_1$	1	1/5	1/3	0,4	0,1
$B_2$	5	1	3	2,5	0,6
$B_3$	3	1/3	1	1,0	0,3
	9,0	1,5	4,3	3,9	1

$\lambda_{\max}$	3,04
IY	0,02
BY	0,03

Наступним кроком експертами формується три матриці попарних порівнянь третього рівня ієрархії  $8 \times 8$  та попарно порівнюються показники відносно кожної властивості. За виразами (3, 4) отримуються

$$\begin{aligned}
 & b_{11} = 0,31; \quad b_{21} = 0,17; \quad b_{31} = 0,11; & d_1 &= 0,17; \\
 & b_{12} = 0,26; \quad b_{22} = 0,13; \quad b_{32} = 0,07; & d_2 &= 0,13; \\
 & b_{13} = 0,04; \quad b_{23} = 0,02; \quad b_{33} = 0,04; & d_3 &= 0,02; \\
 & b_{14} = 0,02; \quad b_{24} = 0,31; \quad b_{34} = 0,01; & d_4 &= 0,20; \\
 & b_{15} = 0,02; \quad b_{25} = 0,23; \quad b_{35} = 0,02; & d_5 &= 0,15; \\
 & b_{16} = 0,17; \quad b_{26} = 0,08; \quad b_{36} = 0,30; & d_6 &= 0,15; \\
 & b_{17} = 0,12; \quad b_{27} = 0,04; \quad b_{37} = 0,27; & d_7 &= 0,11; \\
 & b_{18} = 0,07; \quad b_{28} = 0,02; \quad b_{38} = 0,18; & d_8 &= 0,07;
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & a_1 = 0,1; \\
 & a_2 = 0,6; \\
 & a_3 = 0,3;
 \end{aligned}
 \times =$$



Для попарного порівняння важливості об'єктів системи залізничних перевезень відносно показників експертами сформовано вісім матриць попарних порівнянь

$C_{11}=0,05;$	$C_{21}=0,05;$	$C_{31}=0,01$	$C_{41}=0,19$	$C_{51}=0,19$	$C_{61}=0,05$	$C_{71}=0,13$	$C_{81}=0,13$	$d_1=0,17;$	$K_1=0,11$
$C_{12}=0,03$	$C_{22}=0,03$	$C_{32}=0,13$	$C_{42}=0,21$	$C_{52}=0,21$	$C_{62}=0,08$	$C_{72}=0,19$	$C_{82}=0,19$	$d_2=0,13;$	$K_2=0,13$
$C_{13}=0,02$	$C_{23}=0,02$	$C_{33}=0,03$	$C_{43}=0,08$	$C_{53}=0,08$	$C_{63}=0,13$	$C_{73}=0,01$	$C_{83}=0,01$	$d_3=0,02;$	$K_3=0,06$
$C_{14}=0,08$	$C_{24}=0,08$	$C_{34}=0,05$	$C_{44}=0,13$	$C_{54}=0,13$	$C_{64}=0,03$	$C_{74}=0,08$	$C_{84}=0,08$	$d_4=0,20;$	$K_4=0,09$
$C_{15}=0,19$	$C_{25}=0,19$	$C_{35}=0,18$	$C_{45}=0,29$	$C_{55}=0,29$	$C_{65}=0,21$	$C_{75}=0,29$	$C_{85}=0,29$	$d_5=0,15;$	$K_5=0,24$
$C_{16}=0,13$	$C_{26}=0,13$	$C_{36}=0,08$	$C_{46}=0,05$	$C_{56}=0,05$	$C_{66}=0,02$	$C_{76}=0,21$	$C_{86}=0,21$	$d_6=0,15;$	$K_6=0,10$
$C_{17}=0,21$	$C_{27}=0,21$	$C_{37}=0,21$	$C_{47}=0,02$	$C_{57}=0,02$	$C_{67}=0,29$	$C_{77}=0,05$	$C_{87}=0,05$	$d_7=0,11;$	$K_7=0,13$
$C_{18}=0,29$	$C_{28}=0,29$	$C_{38}=0,29$	$C_{48}=0,03$	$C_{58}=0,03$	$C_{68}=0,19$	$C_{78}=0,03$	$C_{88}=0,03$	$d_8=0,07;$	$K_8=0,13$
$C_{19}=0,01$	$C_{29}=0,01$	$C_{39}=0,02$	$C_{49}=0,01$	$C_{59}=0,01$	$C_{69}=0,01$	$C_{79}=0,02$	$C_{89}=0,02$		$K_9=0,01$

четвертого рівня ієрархії 9x9 та обчислено за формулою (3, 4) значення вектору пріоритетів об'єктів системи залізничних перевезень  $C_{lj}$ :

За формулою (9) розраховується коефіцієнт важливості об'єктів системи залізничних перевезень (рис. 3)

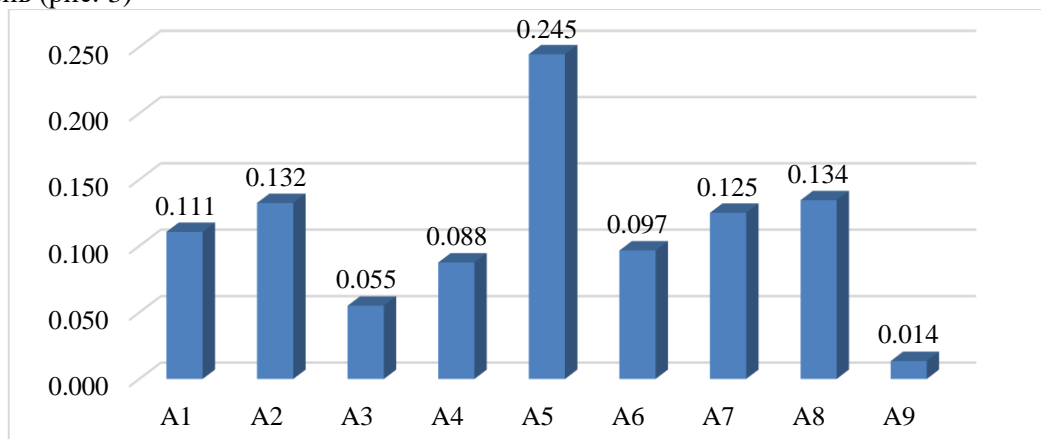


Рис. 3. Коефіцієнт важливості об'єктів системи залізничних перевезень

Із проведеного експертами попарного порівняння визначено, що найбільшу важливість має *коліїний пост* так, як його вихід із ладу дезорганізує систему залізничних перевезень, що в свою чергу призведе до зриву виходу військ (сил) у встановлений час на визначені райони.

Саме тому, для забезпечення умов під стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегрупування, на об'єктах системи залізничних перевезень, у складі СТрО необхідно мати мобільні групи, які могли б оперативно виявляти та знищувати ДРГ противника тим самим забезпечити вчасне перевезення військ (сил) у визначенні зони (райони).

**Висновок.** Отже, запропонована методика оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень, під час виконання завдань з територіальної оборони на відміну від існуючих враховує особливості функціонування кожного об'єкта системи залізничних перевезень. Послідовне

виконання наведених у методиці етапів оцінювання важливості об'єктів системи залізничних перевезень дає можливість обґрунтовано здійснювати їх ранжирування і тим самим визначити необхідність і порядок застосування СТрО під час забезпечення умов для стратегічного (оперативного) розгортання військ (сил) або їх перегрупування.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про основи національного спротиву : Закон України від 16.07.2021 р. № 1702-IX URL: <https://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення: 02.03.2023).
2. Про залізничний транспорт : Закон України, введено в дію Постановою ВР від 04.07.1996 р. № 2745/96 // ВР. 1996. № 40. Ст. 184.
3. Тимчасовий Бойовий статут військових частин (підрозділів) Територіальної оборони частина II батальйон.
4. Теоретичні основи управління угрупованням військ (сил) у сучасних умовах збройної боротьби : монографія / О. М. Загорка, А. К. Павліковський, А. А. Корецький, С. О. Кириченко, І. О. Загорка ; за заг. ред.

- I. С. Руснака. Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2020. 248 с.
5. Методичний підхід до визначення пріоритетності важливих об'єктів в зоні територіальної оборони, охорона та оборона яких покладається на формування територіальної оборони держави: стаття / М. В. Телелим, В. В. Шевчук, А. В. Баргилевич // Наука і техніка. 2020. С. 37–43.
  6. Оцінювання оперативного-тактичної важливості пунктів управління: стаття / О. М. Загорка, С. В. Поліщук, І. О. Загорка // Наука і оборона. 2019. № 3. С. 45–50.
  7. Інструкція з сигналізації на залізницях України: наказ Міністерства транспорту і зв'язку України від 23.06.2008 № 747 // Відомості Міністерства транспорту та зв'язку України. 2008. № 13. С. 128.
  8. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвеева, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд ; за заг. ред. С. В. Бойченка. Київ : НАУ, 2017. 507 с.
  9. Елементи дослідження складних систем військового призначення: посібник / О. М. Загорка, С. П. Мосов, А. І. Сбітнев, П. І. Стужук. Київ : НАОУ, 2005. 100 с.
  10. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Москва : Радио и связь, 1991. 224 с.
  11. Саати Т. Принятия решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 278 с.
  12. Экспертное оценивание: методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. Киев : ДУИКТ, 2007. 263 с.
  13. Самохвалов Ю. Я. Совершенствование метода анализа иерархий как методологической основы системы поддержки принятия решений // Управляющие системы и машины. 2007. 263 с.
  14. Загальна характеристика залізничної галузі : Матеріали Укрзалізниці 2010.

Стаття надійшла до редакційної колегії 10.04.2023

## Estimating the Importance of Transportation System Objects Using the Hierarchy Analysis Method

### Annotation

The railway transport system of Ukraine is a key element of the infrastructure that has a significant impact on the preparation and methods of conducting military operations and armed conflict in general. The rail transport system ensures the movement of troops to certain operational zones (areas) for conducting combat operations, performs the transportation of materiel, evacuation and a number of other tasks.

One of the components of the transport system is the railway transportation system, which provides fast and cheap transportation of troops (forces). It includes infrastructure facilities, rolling stock, differing in their intended purpose. At the same time, it is an object of attack by enemy sabotage and reconnaissance groups.

*The purpose of the article* is to highlight the methodological approach to assessing the importance of the objects of the rail transportation system, taking into account the peculiarities of their functioning in the performance of territorial defense tasks.

To assess the importance of the objects of the railway transportation system, the method of analysis of hierarchies was chosen, which, unlike analytical methods, allows the ranking of transport infrastructure objects according to all criteria with a certain degree of compromise.

This makes it possible to more fully assess the influence of enemy sabotage groups on the performance of transport functions by the system.

The proposed methodology for assessing the importance of objects of the rail transportation system in the performance of tasks for territorial defense, in contrast to the existing ones, takes into account the peculiarities of the functioning of the rail transportation system.

Consistent implementation of the stages of assessing the importance of objects of the railway transportation system given in the methodology makes it possible to reasonably rank them and thereby determine the need and procedure for using the territorial defense system during the preparation and conduct of territorial defense.

**Keywords:** territorial defense forces of the Armed Forces of Ukraine; deployment of troops (forces); territorial defense; importance of objects; railway transportation system; method of analysis of hierarchies.