

## ВІЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ЗАСОБІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧАХ МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІСРАРХІЙ

**Данчук В.Д., доктор фізико-математичних наук**

**Олійник Р.В., кандидат фізико-математичних наук**

**Сватко В.В.**

*Науково-виробничий центр з питань транспортно-складської та логістичної оптимізації та економіки транспорту та логістики*  
*В статті, на основі методу аналізу ієархій Сааті, запропоновано процедуру визначення ефективних засобів вантажних перевезень довільного типу, які задовільняють необхідним вимогам.*

*In the article, based on the Saaty's method of hierarchy analysis, was offered the procedure of definition of the effective freight transportation means of any kind that meet all the needed requirements.*

**Постановка проблеми.** Останнім часом проблема оптимізації транспортних перевезень набула значного поширення. Вона має як прикладний, так і фундаментальний характер. Фундаментальність проблем оптимізації транспортних перевезень полягає в тому, що на даний момент не має точних методів дискретної оптимізації нетривіальних розв'язків задач будь-якої природи, у тому числі і транспортних задач. Прикладний аспект характеризується тим, що інтенсивність транспортних потоків постійно збільшується, що призводить до збільшення непередбачуваності ситуації на дорогах, і врешті-решт до збільшення економічних втрат виробничої діяльності підприємств. Тому знаходження оптимальних рішень зазначеного класу проблем тут має велике господарське значення.

Процес оптимізації транспортних перевезень в сучасних умовах має декілька напрямків. Основну увагу при мінімізації витрат на доставку товару від виробника до споживача приділяють процесу мінімізації пробігу та скороченні часу при доставці товару, і, як результат, зменшення витрат на паливо. Як показує практика [1], процес мінімізації витрат на доставку товару від виробника до споживача необхідно вирішувати комплексно. З одного боку необхідно мінімізувати довжину пробігу та час на роботу транспортного засобу, а з іншого – знайти такий тип автомобіля, який би був найефективніший для даних видів перевезень. Таким чином, в сучасних умовах при оптимізації транспортних перевезень актуальним є також вибір транспортного засобу, що задовільняє певним техніко-експлуатаційним характеристикам. Поєднання процесів оптимізації маршруту доставки товару та визначення ефективного транспортного засобу

дає можливість отримати більший економічний ефект, суттєво зменшити фінансові витрати та час на доставку продукції від виробника до споживача.

Процесу ефективного пошуку транспортного засобу в сучасних умовах приділяється мало уваги. Тому метою даної роботи є розробка кількісної процедури виявлення необхідного транспортного засобу для автомобільних перевезень будь-якого типу. При цьому дана процедура пошуку автомобіля з ефективними техніко-експлуатаційними характеристиками для здійснення перевезень певного виду товару, розглядається на базі методу аналізу ієархій Сааті [2, 3].

**Основна частина.** В рамках методу [2, 3] розглянемо  $n$  об'єктів або факторів, які необхідно порівняти групі експертів. Головною метою даної групи є визначення відносної важливості цих об'єктів.

Нехай  $A_1, A_2, \dots, A_n$  - сукупність об'єктів. В рамках експертного оцінювання ці об'єкти характеризуються за допомогою позитивних чисел, відповідно  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , на наявність і ступінь прояву деякої властивості відміченою експертізою. Наприклад, число  $\omega_i$  відображає ступінь прояву (інтенсивність) розглянутої властивості у об'єкта  $A_i$ . Числа  $\omega_i$ , залежно від контексту, називають «вагою» або «інтенсивністю» об'єктів  $A_i$ . Для зручності оперують нормованими величинами  $\omega_i$ , які характеризуються наступною властивістю:

$$\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$$

Таким чином, при використанні нормованих величин, що ( $\omega_i * 100\%$ ) являє собою вагу об'єкту  $A_i$ , вираженого у відсотках. Порівнюючи вагу кожного об'єкту з вагою інших об'єктів, утворимо тим самим матрицю відносних ваг

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} \frac{\omega_1}{\omega_1} & \frac{\omega_1}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_1}{\omega_n} \\ \frac{\omega_2}{\omega_1} & \frac{\omega_2}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_2}{\omega_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\omega_n}{\omega_1} & \frac{\omega_n}{\omega_2} & \dots & \frac{\omega_n}{\omega_n} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матриці відносних ваг характерні наступні властивості:  $a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j} > 0$  для всіх  $i$  й  $j$ , тому що всі  $\omega_i > 0, \omega_j > 0$ .

$a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j} = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ . Матриця  $A$  обернено симетрична, а саме  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ .

Матриця  $A$  має властивість спільноті, а саме

$a_{ij}a_{jk} = \frac{\omega_i}{\omega_j} \cdot \frac{\omega_j}{\omega_k} = \frac{\omega_i}{\omega_k} = a_{ik}$  для всіх  $i, j$  й  $k$ . Якщо з ваг  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$  утворити вектор-

стовпець  $\omega$ :  $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T$ , то ваги  $a_{ij}$  будуть відповідати елементам стовпця  $\omega$ .

Але тоді  $A \cdot \omega = \omega$ . Це означає, що ваги  $\omega$  є власним вектором матриці  $A$ . Якщо ваги  $\omega$  є власним вектором матриці  $A$ , то ваги  $\omega$  є власними векторами матриці  $A^*$ .  $\omega = \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{pmatrix}$  є власним вектором матриці  $A^*$  (2).

Таким чином, якщо  $\omega$  є власним вектором матриці  $A$ , то ваги  $\omega$  є власними векторами матриці  $A^*$ .

Із цього випливає, що якщо  $\omega$  є власним вектором матриці  $A$ , то  $A^* \omega = n^* \omega$ . Звідки

$$(a_{11}a_{12}\dots a_{1n})^* \begin{pmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_n \end{pmatrix} = a_{11}\omega_1 + a_{12}\omega_2 + \dots + a_{1n}\omega_n = \frac{\omega_1}{\omega_1}\omega_1 + \frac{\omega_2}{\omega_2}\omega_2 + \dots + \frac{\omega_n}{\omega_n}\omega_n = n^* \omega_1,$$

що збігається з  $i$ -им компонентом вектора, розташованого в правій частині співвідношення. Виконання рівності означає, що число  $n$  є власним значенням матриці відносних ваг  $A$ , у той час як  $\omega$  є власним вектором, що відповідає цьому власному значенню. В лінійній алгебрі число  $\lambda$  називають власним значенням матриці  $A$ , а ненульовий вектор-стовпець  $x$  – власним вектором, що відповідає власному значенню  $\lambda$ , якщо має місце рівність

$$A \cdot x = \lambda \cdot x \quad (3)$$

Власне значення матриці  $A$  знаходять з, так званого, характеристичного рівняння

$$|A - \lambda \cdot A| = 0, \quad (4)$$

де,  $|A - \lambda \cdot A|$  – визначник відповідного матричного виразу, а  $E$  – одинична матриця. Характеристичне рівняння вибирає в алгебраїзованій формі, тобто  $|A - \lambda \cdot A|$  – алгебраїчне рівняння  $n$ -го ступеню. Звідси випливає, що матриця  $A$  порядку  $n$  має  $n$  комплексних власних чисел, які є коренями відповідного характеристичного рівняння. Для матриці відносних ваг, що має відповідні чотири розглянуті вище властивості, можна довести наступне положення. Матриця відносних ваг  $A = (\omega_i / \omega_j)$  має лише два дійсних власних значення:  $n$  та 0. Якщо позначити  $\lambda_{\max} = n = \max\{n; 0\}$ , то відповідно (3) можна представити у вигляді

$$A\omega = \lambda_{\max} \omega \quad (5)$$

Рівність (5) є основою для подальшої математичної обробки й інтерпретації експертних оцінок у рамках методу аналізу ієархій.

На практиці, при проведенні експертного оцінювання, дуже важко одночасно порівняти властивості всієї групи об'єктів  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , яких може бути досить багато, і надати їм відповідні ваги  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ . Набагато легше порівнювати об'єкти попарно, характеризуючи їх за допомогою якої-небудь шкали оцінок ступеня переваг одного об'єкта над іншим. Схема попарного порівняння об'єктів широко використовується в різних методах експертного оцінювання й приводить до побудови матриці парних порівнянь

$$A^* = (\hat{a}_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

Заповнюючи елементи цієї матриці, при парному порівнянні, експерти ще не знають всього набору чисел  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , як ваг об'єктів. Їх завдання саме й полягає в тому, щоб визначити їх згодом. При парному порівнянні матриця заповнюється числами  $\hat{a}_{ij} = \omega_i / \omega_j$ , які характеризують відносну перевагу (важливість, вагу) об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$ , у той час як власна вага цих об'єктів  $\omega_i, \omega_j$  поки що не визначена. Для визначення чисел  $a_{ij}$  необхідно утворити шкалу, за якою буде оцінюватися перевага одного об'єкта над іншим при їхньому попарному порівнянні. Для експертного оцінювання прийнята 9-балльна шкала, запропонована автором методу аналізу ієархій Т.Сааті[2, 3].

Матриця парних порівнянь заповнюється у такий спосіб. Об'єкт  $A_i$  порівнюють з усіма іншими  $A_2, \dots, A_n$ , заповнюючи послідовно перший рядок матриці. Потім об'єкт  $A_2$  порівнюють з усіма іншими, заповнюючи другий рядок числами  $a_{ij}$ , визначеними за шкалою відносної ваги й так далі.

Якщо вага об'єкта  $A_i$  дорівнює вазі об'єкта  $A_j$ , то згідно шкали  $\hat{a}_{ij} = 1$ . Якщо вага об'єкта  $A_i$  більша ніж вага об'єкта  $A_j$ , то у відповідності зі шкалою експерти визначають ступінь переваги, що виражається в балах, причому  $\hat{a}_{ij} > 1$ . Якщо навпаки, вага об'єкта  $A_i$  менша ніж вага об'єкта  $A_j$ , то за шкалою задається оцінка  $\hat{a}_{ij} < 1$ .

За правилами заповнення матриць парних порівнянь повинні виконуватись умови:

1.  $\hat{a}_{ij} = \omega_i / \omega_j > 0$  для всіх  $i \neq j$ , тому що всі оцінки позитивні (більше нуля).

2.  $\hat{a}_{ij} = \omega_i / \omega_j = 1$  для всіх  $i = 1, 2, \dots, n$ .
3. Елементи матриці  $\hat{A}^*$  мають зворотну симетрію, а саме  $\hat{a}_{ij} = 1/a_{ji}$  інакше кажучи, якщо перевага об'єкта  $A_i$  над об'єктом  $A_j$  оцінюється за шкалою, наприклад, в 5 балів і  $\hat{a}_{ij} = 5$ , то зворотне співставлення об'єкта  $A_i$  з  $A_j$  повинне автоматично давати оцінку  $a_{ji} = 1/5$ .

Очевидно, що при заповненні матриці парних порівнянь зручно визначати тільки ті елементи, що стоять вище діагоналі. Діагональні елементи дорівнюють одиниці, а елементи під діагоналлю, в силу наведених умов, визначаються автоматично. Необхідно звернути увагу на те, що матриця парних порівнянь має всі властивості матриці відносних ваг у схемі ідеального порівняння, крім четвертого. Таким чином, вона не має, в загальному випадку, властивістю спільнотності  $\hat{a}_{ij}a_{jk} = a_{ik}$ . Це відбувається через те, що експерти не знають точно вагу об'єктів  $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ , а оперують лише їхніми відносними значеннями  $a_{ij}$ .

Під ефективним автомобілем розуміємо такий визначений транспортний засіб, техніко-експлуатаційні характеристики якого найбільше відповідають заданим умовам. Для зручності розглянемо задачу для випадку визначення ефективного транспортного засобу перевезень вантажів середньої вантажопідйомності. Тут, у зв'язку з великою різноманітністю транспортних засобів представлених сьогодні на ринку, уявляється актуальним необхідність обрання найбільш ефективного автомобіля для здійснення перевезення даного виду вантажів [4]. Для визначення ефективного автомобіля були обрані двадцять моделей транспортних засобів, що мають різні техніко-експлуатаційні властивості (див. табл. 1) [4].

Оскільки перевезення вантажу здійснюється в нашому випадку транспортними засобами середньої вантажопідйомності, то для проведення експерименту обирались саме автомобілі, які відносяться до вказано класу. Кожен автомобіль має певні техніко-експлуатаційні характеристики (див. табл. 1). Як видно з табл. 1, для визначених автомобілів було обрано 15 основних характеристик: модель транспортного засобу, тип авто, місткість паливного баку, норма витрат палива ( $л/100км$ ), максимальна швидкість, повна вага автомобіля, вантажопідйомність, габарити транспортного засобу (довжина, ширина, висота), розмір внутрішньої платформи (довжина, ширина, висота), колісна формула та екологічний стандарт.

Таблиця 1

## Техніко-експлуатаційні характеристики транспортних засобів

№ моделі автомобіля*	Тип авто	Вид палива	Паливний бак, л	Потрібна питома маса палива (л/100км) базові	Потрібна питома маса паливного топливного агрегату, кг/год	Повна вага авто, кг	Габарити			Розмір внутрішньої платформи			Колісна формула	Екологічний тип (EURO)	
							Вантажопідйомність, кг	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм		
1	фургон	A-80	100	27,7	90	7850	4500	6330	2380	2350	3490	2170	510	4x2	0
2	фургон	ДП	105	22,1	95	6950	3500	6258	3036	2180	3698	2100	1115	4x2	0
3	сер.тон.	ДП	400	17,6	117	15000	7500	9540	2550	3520	7120	2550	2350	4x2	IV
4	сер.тон.	ДП	260	23,7	90	10100	4200	8200	2500	2875	6500	2500	2370	4x2	II
5	фургон	ДП	105	22,1	95	6950	2300	6885	2260	3036	4307	2100	2100	4x2	0
6	фургон	ДП	105	22,1	95	6950	2700	5600	1920	2800	4000	1920	1949	4x2	0
7	фургон	ДП	70	16,7	150	6500	3860	7012	1990	2750	4560	1800	1900	4x2	III
8	шасі	ДП	300	26	90	26000	17910	9848	2550	3000	7538	2550	2000	6x4	III
9	шасі	ДП	315	18,2	106	18000	11500	9240	2489	2880	7015	2489	1880	4x2	III
10	шасі	ДП	315	18,2	100	18800	11500	9240	2489	2810	7015	2489	1810	4x2	III
11	фургон	ДП	140	17,4	150	6500	1900	7581	2062	2313	5073	2062	1548	4x2	III
12	фургон	ДП	75	15,1	150	6500	1900	6538	2043	2739	4121	2041	1951	4x2	III
13	фургон	ДП	100	15,1	150	4500	1800	8610	2062	2313	6102	2062	1548	4x2	III
14	фургон	ДП	200	17,6	85	8500	5000	5120	2600	2300	6963	1826	2632	4x2	III
15	фургон	ДП	200	26	90	18000	11500	8616	1995	2834	6603	1995	5703	4x2	IV
16	фургон	ДП	75	12,8	95	3500	1500	5990	2020	2220	3150	2000	2000	4x2	II
17	фургон	ДП	120	16,1	95	8200	4480	6725	2100	2280	5300	2300	2200	4x2	I
18	фургон	ДП	60	14,1	95	3500	1800	4955	2000	2240	3500	2000	2000	4x2	I
19	фургон	ДП	60	12	95	4745	2500	5430	1890	2100	3670	1810	360	4x2	III
20	фургон	ДП	100	15	100	7200	4800	6670	2170	2355	5000	2227	2000	4x2	I

\* У табл. 1 наведені наступні № моделей автомобілів: 1 - ГАЗ-3307, 2 - ЗІЛ-5301 БО, 3 - КамАЗ 5308, 4 - МАЗ 437141-277,-237, 5 - Зил 5301Е3, 6 - Зил 5301Р1, 7 - Iveco Daily 65C15VP, 8 - Iveco Stralis AT260S43Y/FS D, 9 - Ford 1830(LRS), 10 - Ford 1824(LRS), 11 - Renault Mascott 120.65 CHASSIS CABINE, 12 - Renault Maskott 120.35 CHASSIS CABINE, 13 - Renault Maskott 120.35, 14 - Renault Midlum 150.08/B DCI.4 Thermo King, 15 - Renault Midlum 240.18 HEAVY, 16 - BAW Fenix 1044E, 17 - Foton BJ1069, 18 - Foton BJ1039V4JD3-A, 19 - Foton BJ1043, 20 - Hyundai HD-78.

Серед вказаних характеристик транспортних засобів, що планувалось оптимізувати, були обрані найбільш значущі, на наш погляд, для здійснення даного виду перевезень. Основним показником ефективності використання транспорту для даного випадку визначено мінімізацію витрат на доставку товару, тобто зменшення витрат на переміщення товару від виробника до покупця. У зв'язку з цим, характеристиками, що впливають на мінімізацію витрат можна визначити норму витрат палива на 100 км, а також вантажопідйомність транспортного засобу. Оскільки останнім часом велику увагу при придбанні та використанні транспортного засобу приділяють його екологічним характеристикам, то це також було включено у розгляд.

Використовуючи метод аналізу ієрархій за допомогою парних порівнянь знаходимо відносний ступінь взаємодії елементів (характеристик транспортних засобів) на кожному ієрархічному рівні або перевагу одних елементів відносно інших. Цим порівнянням була надана чисельна оцінка. При розгляді та порівнянні техніко-експлуатаційних характеристик необхідно прагнути до того, щоб декомпозиція була доведена до такого рівня, на якому парні порівняння виконувались компетентними у даній області фахівцями. Оскільки обрані характеристики транспортних засобів характеризують автомобіль з різних сторін, а саме технічної, екологічної, економічної, то до складу експертної комісії були залучені саме фахівці з даних галузей. Згідно з цим до складу експертної комісії увійшли інженер-механік, економіст та логіст. Саме на основі отриманих експертних оцінок вищевказаних фахівців і було побудовано матрицю порівняння техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів (див. табл.2).

Таблиця 2

**Порівняння критерій техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів**

*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	W*	Wнорм
1	1	1/5	1/5	1/9	1/5	3	1/9	3	3	3	1/5	1/5	1/5	3	1/5	0,51	0,02
2	5	1	5	1/7	3	3	1/7	3	3	3	1/3	1/3	1/3	5	1/5	1,11	0,05
3	5	1/5	1	1/9	1/5	1/3	1/9	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/5	0,32	0,01
4	9	7	9	1	9	9	3	9	9	9	3	3	3	9	3	5,30	0,22
5	5	1/3	5	1/9	1	3	1/9	3	3	3	1/5	1/5	1/5	5	3	1,00	0,04
6	1/3	1/3	3	1/9	1/3	1	1/7	1/3	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	3	1/5	0,37	0,02
7	9	7	9	1/3	9	7	1	9	9	9	3	3	3	9	5	4,66	0,20
8	1/3	1/3	5	1/9	1/3	3	1/9	1	1	1	1/5	1/5	1/5	3	1/7	0,49	0,02
9	1/3	1/3	5	1/9	1/3	3	1/9	1	1	1	1/5	1/5	1/5	3	1/7	0,49	0,02
10	1/3	1/3	5	1/9	1/3	3	1/9	1	1	1	1/5	1/5	1/5	3	1/7	0,49	0,02
11	5	3	5	1/3	5	5	1/3	5	5	5	1	1	1	7	1/5	2,01	0,08
12	5	3	5	1/3	5	5	1/3	5	5	5	1	1	1	7	1/5	2,01	0,08
13	5	3	5	1/3	5	5	1/3	5	5	5	1	1	1	7	1/5	2,01	0,08
14	1/3	1/5	1/3	1/9	1/5	1/3	1/9	1/3	1/3	1/3	1/7	1/7	1/7	1	1/9	0,23	0,01
15	5	5	5	1/3	1/3	5	1/5	7	7	7	5	5	5	9	1	2,81	0,12
$\Sigma$	55,7	31,3	67,5	3,7	39,3	55,7	6,3	52,9	52,9	52,9	15,9	15,9	15,9	77	13,9	23,81	1,00

\* У табл. 2 наведені наступні характеристики транспортних засобів: 1 - модель транспортного засобу, 2 - тип авто, 3 - місткість паливного баку, 4 - норма витрат палива ( $\lambda 100\text{км}$ ), 5 - максимальна швидкість, 6 - повна вага автомобіля, 7 - вантажопідйомність, 8-10 габарити транспортного засобу (довжина, ширина, висота), 11-13 розмір внутрішньої платформи (довжина, ширина, висота), 14 - колісна формула, 15 - екологічний стандарт.

У табл. 2 кожний елемент матриці, що відповідає експертній оцінці, визначається як результат порівняння двох відповідних характеристик у вигляді «розумних» (взаємно обернених) чисел. Для визначення цих чисел використовувалась спеціальна шкала порівнянь, яка дозволяє привласнювати чисельні оцінки, що характеризують перевагу одного елемента досліджуваної системи над іншим.

Для кожної матриці порівнянь було визначено оцінку узгодженості експертних суджень. Якщо умова узгодженості не виконувалась, то на даному конкретному ієрархічному рівні повторно проводилась процедура експертного

оцінювання. Після цього на кожному ієрархічному рівні було побудовано вектор пріоритетів, що визначається коефіцієнтами важливості для кожного рівня.

**Таблиця 3**

**Матриця пріоритетів техніко-експлуатаційних характеристик транспортних засобів**

№ моделі автомобіля *	Тип авто	Вид палива	Паливний бак, л	Норма витрат палива (л/100км) базові	Максимальна швидкість, км/год	Повна вага авто, кг	Вантажопідйомність, кг	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Коефіцієнт аеродинамічного опору	Екологічний тип (EURO)	Елементи вектору глобальних пріоритетів
1	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,017
2	0,02	0,05	0,02	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,20	0,01	0,01	0,04	0,01	0,05	0,01	0,022
3	0,08	0,05	0,17	0,03	0,07	0,01	0,06	0,15	0,09	0,18	0,14	0,11	0,10	0,05	0,14	0,086
4	0,08	0,05	0,08	0,01	0,01	0,01	0,03	0,05	0,08	0,07	0,06	0,10	0,10	0,05	0,03	0,043
5	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01	0,02	0,04	0,13	0,02	0,04	0,06	0,05	0,01	0,025
6	0,03	0,05	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	0,05	0,01	0,019
7	0,03	0,05	0,01	0,05	0,14	0,05	0,03	0,04	0,01	0,05	0,02	0,01	0,03	0,05	0,07	0,042
8	0,15	0,05	0,12	0,01	0,01	0,01	0,17	0,16	0,09	0,11	0,18	0,13	0,04	0,07	0,07	0,082
9	0,15	0,05	0,13	0,02	0,06	0,01	0,13	0,11	0,07	0,09	0,13	0,09	0,02	0,05	0,07	0,072
10	0,15	0,05	0,13	0,02	0,05	0,01	0,13	0,11	0,07	0,08	0,13	0,09	0,02	0,05	0,07	0,071
11	0,03	0,05	0,04	0,03	0,14	0,06	0,01	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,07	0,039
12	0,03	0,05	0,01	0,08	0,14	0,06	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03	0,03	0,05	0,07	0,050
13	0,03	0,05	0,02	0,08	0,14	0,13	0,01	0,08	0,02	0,02	0,04	0,03	0,01	0,05	0,07	0,052
14	0,03	0,05	0,07	0,03	0,01	0,02	0,06	0,01	0,12	0,01	0,07	0,01	0,14	0,05	0,07	0,052
15	0,03	0,05	0,07	0,01	0,01	0,01	0,13	0,07	0,01	0,06	0,06	0,02	0,21	0,05	0,14	0,076
16	0,03	0,05	0,01	0,11	0,02	0,17	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,03	0,045
17	0,03	0,05	0,03	0,06	0,02	0,03	0,05	0,03	0,02	0,01	0,04	0,08	0,06	0,05	0,02	0,045
18	0,03	0,05	0,01	0,11	0,02	0,16	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,04	0,05	0,02	0,043
19	0,03	0,05	0,01	0,19	0,02	0,11	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	0,066
20	0,03	0,05	0,02	0,09	0,05	0,04	0,06	0,03	0,04	0,02	0,03	0,07	0,04	0,05	0,02	0,052

\* Нумерація моделей транспортних засобів у табл. 3 аналогічна нумерації у табл. 1.

Аналогічно будувались вектори пріоритетів по кожній окремій техніко-експлуатаційній характеристиці для різних обраних моделей автомобілів. Елементи цих векторів, що складають відповідну матрицю пріоритетів, наведені у табл. 3. Далі, значення елементів вектору глобальних пріоритетів знаходились

як результат добутку матриці пріоритетів на вектор пріоритетів техніко-експлуатаційних характеристик (остання колонка табл. 2). Елементи шуканого вектору наведені в останній колонці табл. 3. З аналізу отриманих значень елементів вектору глобальних пріоритетів випливає, що транспортним засобом, який найбільше задовольняє нашим вимогам є КАМАЗ 5308. Незважаючи на те, що норма витрат палива у даного транспортного засобу не є найменшою з усіх запропонованих, комплекс усіх інших характеристик дає пріоритетний результат. Окрім того, обраний автомобіль за екологічним типом перевищує усі інші.

**Висновки.** У роботі, на основі методу аналізу ієрархій Сааті, запропоновано процедуру визначення ефективних засобів вантажних перевезень довільного типу, які задовольняють необхідним вимогам. Це дозволяє використовувати таким чином виявлені транспортні засоби для вирішення задач оптимізації маршруту доставки вантажів, що дає можливість підвищувати економічний ефект здійснення відповідних транспортних операцій.

### Література

1. Апопій В.В., Міщук І.П., Ребицкий В.М. та ін. Організація торгівлі: підручник; 2-ге вид., перероб. та доп.
2. Сааті Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989.
3. Сааті Т., Кернс. Аналитическое планирование. Организация систем. – М.: Радио и связь, 1991.
4. <http://www.gruz-inform.interdalnoboy.com>