

Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975) www.economy.nayka.com.ua | № 9, 2019 | 27.09.2019 р.

DOI: [10.32702/2307-2105-2019.9.33](https://doi.org/10.32702/2307-2105-2019.9.33)

УДК 338.26:65 6.611.2

*О. І. Шумлянська,
кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри «Підприємництво та туризм»,
Одеський національний морський університет, м. Одеса
ORCID: 0000-0001-6300-3178*

БАГАТОФАКТОРНА ЧУТЛИВІСТЬ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВЕКТОРНО-ОПТИМІЗОВАНОГО ПЛАНУ РОБОТИ ФЛОТУ СУДНОПЛАВНОЇ КОМПАНІЇ

*Olga Shumlianska,
PhD in economics, associate professor, associate professor of the department «Entrepreneurship
and tourism», Odessa national maritime university, Odessa*

MULTIFACTOR SENSITIVITY OF THE EFFICIENCY CRITERIA FOR A VECTOR- OPTIMIZED PLAN OF THE SHIPPING COMPANY'S FLEET WORK

Оптимізація в плануванні представляє собою прогресивний крок в удосконаленні системи управління діяльністю судноплавної компанії. Однак всяке планування неможна вважати завершеним, якщо воно потрібним чином не оцінено з точки зору тісно зв'язаних між собою ризиків і чутливості плану.

Ефективними в процесі оптимізації та дослідження чутливості є відповідно векторна оптимізація і багатофакторний підхід, який дозволяє визначати реакцію критеріїв на сукупну зміну факторів і тим самим враховувати їх взаємовплив. Особливим випадком такого підходу є багатофакторний аналіз чутливості критеріїв ефективності компромісно-оптимального плану, коли аналітичне представлення залежності критеріїв від факторів спочатку є неможливим, що потребує проведення належного дослідження. У даній статті відшукуються середні багатофакторні показники фактичної, прогнозованої чутливостей компромісно-оптимального критерію ефективності плану роботи флоту судноплавної компанії, складеного шляхом багатофакторної оптимізації.

Optimization in planning is a progressive step in improving the management system of the shipping company. However, any planning cannot be considered complete unless it is properly assessed in terms of the closely related risks and plan sensitivity.

The vector optimization and multifactor approach are effective in the process of optimization and sensitivity research, which allows to determine the response of the criteria to the cumulative factors' change and thereby take into account their mutual influence.

It has been carried out the complex approach to the process of planning the main production shipping company's activity. This complex approach combines the marketing research, vector optimization and multifactor sensitivity research of the efficiency plan criteria.

The research's task is to find the average multifactor indices of the factual, prognosticated sensitivities of the compromise-optimal efficiency plan criterion of the shipping company's fleet

work, prepared by vector optimization, when analytical performance of criterion's dependence on the factors is impossible.

It has been advanced and solved the multicriteria optimization problem with linear and nonlinear criteria represented by quantitative and qualitative indices, that are especially important in planning in market conditions. The problem's objective functions are: carriage profit in the planned period, transportation products cost in the planned period and transportation products profitability in the planned period. The area of admissible vector solutions is determined by the restrictions on the transport fleet time budget, on the quality of produced transportation products and by the conditions of non-negligible of control parameters.

It has been found the average multifactor indices of the factual and prognosticated sensitivities of the compromise-optimal criterion of efficiency of the plan of the shipping company's fleet work, drawn up by vector optimization, when analytical performance of criterion's dependence on the factors is impossible.

The application of such complex approach will help to make the correct decision in the choice of a compromise-optimal plan, which corresponds to the situation of the transport services market and aimed at ensuring the company's competitiveness and long-term successful functioning of the shipping company in transport services market.

Ключові слова: *показник; чутливість; векторна оптимізація; компромісно-оптимальний; критерій ефективності; план; флот.*

Keywords: *index; sensitivity; vector optimization; compromise-optimal; criterion of efficiency; plan; fleet.*

Постановка проблеми. Оптимізація в плануванні представляє собою прогресивний крок в удосконаленні системи управління діяльністю судноплавної компанії. Однак, всяке планування неможна вважати завершеним, якщо воно потрібним чином не оцінено з точки зору тісно зв'язаних між собою ризиків і чутливості плану.

Ефективними в процесі оптимізації та дослідження чутливості є відповідно векторна оптимізація і багатофакторний підхід, який дозволяє визначати реакцію критеріїв на сукупну зміну факторів і тим самим враховувати їх взаємовплив. Особливим випадком такого підходу є багатофакторний аналіз чутливості критеріїв ефективності компромісно-оптимального плану, коли аналітичне представлення залежності критеріїв від факторів спочатку є неможливим, що потребує проведення належного дослідження

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Векторній оптимізації в плануванні основної виробничої діяльності судноплавних компаній, як ефективному і перспективному заходу в управлінні, присвячений окремий розділ монографії [1]. Тут побудовані економічно обґрунтовані багатокритеріальні оптимізаційні задачі (БОЗ) роботи флоту судноплавних компаній з різними типовими маркетинговими позиціями. Розроблені на базі загальної теорії векторної оптимізації методики розв'язання цих задач з використанням сучасних програмних продуктів. З їх допомогою отримано компромісно-оптимальні плани роботи флоту і відповідні значення критеріїв оптимізації.

В роботах [2, 3, 4] розкривається сутність і переваги багатофакторного підходу до дослідження чутливості, що полягають у досить повному врахуванні впливів на критерій сукупності змін факторів з їх взаємовпливом. Такий підхід, порівняно з однофакторним [5], значно знижує необхідність використання роботи експертів, яка неминуче привносить у дослідження елементи суб'єктивного. Робота [4] містить класифікацію чутливості за умовами виникнення і сутністю збуджень критерію: фактична, прогнозна, стандартна (при стандартних, однаково-процентних змінах факторів) чутливості. Запропоновано вирази середніх багатофакторних показників чутливості (БПЧ). Складено точкові стандартні багатофакторні показники чутливості (СБПЧ), що мають диференціальну форму. Показано зв'язок між точковими СБПЧ і однофакторними точковими показниками чутливості.

Задача дослідження полягає в знаходженні середніх багатофакторних показників фактичної, прогнозної чутливостей компромісно-оптимального критерію ефективності плану роботи флоту судноплавної компанії, складеного шляхом векторної оптимізації, коли аналітичне вираження залежності критерію від факторів неможливо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сформулюємо наступну багатокритеріальну оптимізаційну задачу (БОЗ) планування роботи флоту судноплавної компанії, що відповідає її маркетинговим позиціям і виробничо-фінансовому стану [1]:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} x_{ij} \rightarrow \max ; \quad (1)$$

$$Z_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \quad (2)$$

$$Z_3 = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{ij} x_{ij}} \rightarrow \max ; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = T_i, \quad i = \overline{1, m} ; \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m \mu_{ij} x_{ij} \leq Ql_j, \quad j = \overline{1, n} ; \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} . \quad (6)$$

де

Z_1 – цільова функція, що виражає прибуток від перевезень в плановому періоді (тис. грош. од.);

Z_2 – цільова функція, що виражає собівартість транспортної продукції в плановому періоді (тис. грош. од.);

Z_3 – цільова функція, що виражає рентабельність перевезень в плановому періоді;

x_{ij} – бюджет часу суден i -го типу на j -му напрямку в експлуатації (тис. тоннажо-діб);

Π_{ij} – прибуток від перевезень, що припадає на одну тоннажо-добу суден i -го типу на j -му напрямку (грош. од./тоннажо-добу);

S_{ij} – експлуатаційні витрати (собівартість транспортної продукції), що припадають на одну тоннажо-добу суден i -го типу на j -му напрямку (грош. од./тоннажо-добу);

T_i – бюджет часу суден i -го типу в експлуатації в плановому періоді (тис. тоннажо-діб);

μ_{ij} – продуктивність однієї тонни вантажопідйомності за добу експлуатації суден i -го типу на j -му напрямку (тонно-милі/тоннажо-добу);

Ql_j – прогнозований попит на транспортну продукцію на j -му напрямку протягом планового періоду (тис. тонно-милі).

Знаки у співвідношеннях (4) – (5) взято виходячи з того, що для кожного з напрямків $j=1,2,\dots, n$ в умовах сформульованої багатокритеріальної оптимізаційної задачі плановий обсяг транспортної продукції за напрямком j

$$Ql_{j\text{пл}} \leq Ql_j, \quad j=1,2,\dots,n. \quad (7)$$

Несуперечливість такого підходу при численних значеннях параметрів повинна бути встановлена апостеріорною перевіркою співвідношення (7).

Для чисельних розрахунків будемо використовувати значення коефіцієнтів задачі та правих частин обмежень, наведених у таблицях 1 і 2; $m = 3$, $n = 4$.

Таблиця 1.
Коефіцієнти БОЗ

x_{ij}	Π_{ij}	S_{ij}	μ_{ij}
x_{11}	0,05	0,16	40,70
x_{12}	0,05	0,18	45,17
x_{13}	0,06	0,18	43,21
x_{14}	-1,01	1,12	10,00
x_{21}	-0,03	0,13	42,71
x_{22}	-0,01	0,15	60,15
x_{23}	0,01	0,11	53,15
x_{24}	-0,06	0,15	8,14
x_{31}	0,12	1,89	55,17
x_{32}	1,05	2,00	62,27
x_{33}	-1,61	4,12	62,12
x_{34}	0,03	0,12	7,11

Таблиця 2.
Значення правих частин обмежень

Ql_1	1454000
Ql_2	1057000
Ql_3	43200000
Ql_4	30000
T_1	903658
T_2	54805
T_3	15167

Перейдемо до розв'язання сформульованої БОЗ. Оскільки цільові функції Z_1, Z_2 та Z_3 мають різні розмірності, вони нормуються. Після цього БОЗ (1)–(6) зводиться до багатокритеріальної оптимізаційної задачі (8)–(11) з цільовими безрозмірними функціями z_1, z_2, z_3 :

$$z_1 \equiv \frac{Z_{1\max} - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Pi_{ij} x_{ij}}{Z_{1\max} - Z_{1\min}} \rightarrow \min; \quad (8)$$

$$z_2 \equiv \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n s_{ij} x_{ij} - Z_{2\min}}{Z_{2\max} - Z_{2\min}} \rightarrow \min ; \quad (9)$$

$$z_3 \equiv \frac{Z_{3\max} - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \pi_{ij} x_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n s_{ij} x_{ij}}}{Z_{3\max} - Z_{3\min}} \rightarrow \min ; \quad (10)$$

$$x \in X. \quad (11)$$

де $Z_{1\min}, Z_{1\max}, Z_{2\min}, Z_{2\max}, Z_{3\min}, Z_{3\max}$ – розв’язки однокритеріальних задач на мінімум і на максимум, що відповідають задачі (1)–(6);

X – область допустимих розв’язків, що визначається обмеженнями (4)–(6).

Оскільки функції Z_1, Z_2, Z_3 мінімізуються, то в якості їх ідеальних значень можна взяти 0. За цієї умови складається згортка $z(x)$ нормованих критеріїв з ваговими коефіцієнтами $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$:

$$z(x) = (\gamma_1 z_1(x) - 0)^2 + (\gamma_2 z_2(x) - 0)^2 + (\gamma_3 z_3(x) - 0)^2, \quad (12)$$

після чого БОЗ (8)–(11) приводиться до наступної нелінійної однокритеріальної оптимізаційної задачі:

$$z(x) \rightarrow \min ; \quad (13)$$

$$x \in X. \quad (14)$$

Розв’язання оптимізаційної задачі (13)–(14) (БОЗ (1)–(6)) при значеннях коефіцієнтів і правих частин обмежень з табл. 1 і 2 здійснено за допомогою програми Excel. Результати розв’язання при різних наборах вагових коефіцієнтів $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ – оптимальні планові обсяги Q_{jnl} транспортної продукції судноплавної компанії за напрямками перевезень та оптимальні плани x_{ij}^* , відповідні компромісно-оптимальні значення прибутку Z_1^* , витрат Z_2^* і рентабельності Z_3^* – подано у вигляді таблиць 3 і 4.

Таблиця 3.
Оптимальні планові обсяги транспортної продукції за різних наборах вагових коефіцієнтів

№ плану	γ_1	γ_2	γ_3	$Q_{1пл}$	$Q_{2пл}$	$Q_{3пл}$	$Q_{4пл}$	$\sum_{j=1}^4 Q_{ijпл}$
1	0,0	0,2	0,8	1454000,0	1057000,0	40138977,3	20247,4	42670224
2	0,0	0,4	0,6	1454000,0	681706,5	40416278,6	30000,0	42581984
3	0,0	0,6	0,4	1454000,0	681706,5	40416278,6	30000,0	42581984
4	0,0	0,8	0,2	1454000,0	681706,5	40416278,6	30000,0	42581984
5	0,0	1,0	0,0	1454000,0	1021723,1	40080116,2	30000,0	42585839
6	0,2	0,0	0,8	1454000,0	1056996,3	40116163,9	29474,2	42656634
7	0,2	0,2	0,6	1454000,0	768975,7	40416278,6	20035,6	42659290
8	0,2	0,4	0,4	1454000,0	682866,2	40416278,6	29867,6	42583012
9	0,2	0,6	0,2	1454000,0	681706,5	40416278,6	30000,0	42581925
10	0,2	0,7	0,1	1454000,0	1057000,0	40057269,7	30000,0	42598270

Таблиця 4.
Компромісно-оптимальні плани x_{sj} (тис. тоннажо-діб),
значення прибутку $Z_1^*(Q_j)$ (тис. грош. од.), витрат $Z_2^*(Q_j)$ (тис. грош. од.) і рентабельності $Z_3^*(Q_j)$ (%)
при різних наборах вагових коефіцієнтів у багатокритеріальній оптимізаційній задачі БОЗ.

№ плану	γ_1	γ_2	γ_3	$Z_1^*(Q_j)$	$Z_2^*(Q_j)$	$Z_3^*(Q_j)$	x_{11}^*	x_{21}^*	x_{31}^*	x_{12}^*	x_{22}^*	x_{32}^*	x_{13}^*	x_{23}^*	x_{33}^*	x_{14}^*	x_{24}^*	x_{34}^*
1	0,0	0,2	0,8	67366,8	192952,7	34,91	35724,8	0,0	0,0	6417,5	0,0	12319,3	861515,7	54805,0	0,0	0,0	0,0	2847,7
2	0,0	0,4	0,6	66031,8	190374,0	34,69	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10947,6	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4
3	0,0	0,6	0,4	66031,8	190374,0	34,69	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10947,6	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4
4	0,0	0,8	0,2	66031,8	190374,0	34,69	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10947,6	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4
5	0,0	1,0	0,0	55772,8	189466,6	29,44	20885,0	0,0	10947,6	22619,5	0,0	0,0	860153,4	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4
6	0,2	0,0	0,8	70057,3	198451,3	35,30	35724,8	0,0	0,0	2491,6	0,0	15167,0	865441,5	51184,1	0,0	0,0	3620,9	0,0
7	0,2	0,2	0,6	67461,3	193008,8	34,95	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	12349,1	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	2817,9
8	0,2	0,4	0,4	66050,8	190409,0	34,69	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10966,2	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	4200,8
9	0,2	0,6	0,2	66031,8	190374,0	34,69	35724,8	0,0	0,0	0,0	0,0	10947,6	867933,2	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4
10	0,2	0,7	0,1	65948,7	190374,0	34,64	35724,8	0,0	0,0	8308,5	0,0	10947,6	859624,7	54805,0	0,0	0,0	0,0	4219,4

З таблиць 4 і 2 видно, що

$$Ql_{jnл} \leq Ql_j, \quad (15)$$

тобто виконується припущення (7), що свідчить про коректність постановки БОЗ (1)–(6) при чисельних значеннях величин з таблиць 1 і 2.

З тим, щоб з отриманої множини компромісно–оптимальних планів ОПР (особа, що приймає рішення) могла обрати найкращий у відповідності до своєї системи переваг, плани попередньо повинні бути оцінені з точки зору їх чутливості. З цією метою пропонується ефективний багатофакторний підхід з використанням введеного в [3, 4] загального виразу БПЧ.

Обмежимося чутливістю плану на зв'язках $(Z_k^*, (Ql_j))$ (компромісно-оптимальні прибуток Z_1^* , витрати Z_2^* , рентабельність Z_3^* – попит на транспортну продукцію за напрямками (Ql_j)). В основі цього вибору лежить припущення про те, що в процесі виконання плану, в силу особливостей стану ринка, можливі відхилення попиту ΔQl_j . Коефіцієнти p_{ij}, μ_{ij}, s_{ij} оптимізаційної задачі (13)–(14) і бюджети часу T_i суден залишаються незмінними (див. табл. 1, 2).

Багатофакторний показник чутливості (БПЧ) $sens(Z_k^*, (Ql_j))$ на зв'язках $(Z_k^*, (Ql_j))$ визначається наступним запропонованим виразом [3, 4]:

$$sens(Z_k^*(Ql_j)) = \frac{Z_k^*(Ql_1 + \Delta Ql_1, \dots, Ql_n + \Delta Ql_n) - Z_k^*(Ql_1, \dots, Ql_j, \dots, Ql_n)}{n Z_k^*(Ql_1, \dots, Ql_j, \dots, Ql_n)} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{\Delta Ql_j}{Ql_j}\right)^2}}, \quad (16)$$

($k=1,2,3$).

В цій формулі числа $Z_k^*(Ql_j)$, наведені у таблиці 3, є компромісно-оптимальними значеннями відповідних критеріїв Z_k , що отримані в результаті розв'язання оптимізаційної задачі (13)–(14) (БОЗ (1)–(6)). Числа $Z_k^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$ являють собою компромісно-оптимальні значення критеріїв Z_k , отримані в результаті розв'язання тої ж оптимізаційної задачі, але зі зміненими обмеженнями: Ql_j змінено на $(Ql_j + \Delta Ql_j)$, а знаки в обмеженнях відповідають співвідношенню між знайденими $Ql_{jnл}$ і величиною відповідного нового попиту на транспортну продукцію. Цю оптимізаційну задачу будемо називати зміщеною оптимізаційною задачею і позначати $\Delta MO3$, а відповідний план X_{ij}^{**} – зміщеним оптимізаційним планом.

Припустимо, що

$$Ql_{jnл} < (Ql_j + \Delta Ql_j), \quad (j = 1, \dots, n). \quad (17)$$

В цьому випадку зміщена оптимізаційна задача $\Delta MO3$ по суті співпадає з БОЗ (1)–(6). Тому знаки в обмеженнях задачі $\Delta BO3$ ті ж самі, що і в задачі (1)–(6). Так що при відхиленнях попиту на всіх напрямках $\Delta Ql_j > 0$ або < 0 , що задовольняють умову (17), можна записати

$$Z_k^*(Ql_j + \Delta Ql_j) = Z_k^*(Ql_j). \quad (18)$$

и, отже, на основі формули (16)

$$sens(Z_k^*, (Ql_j)) = 0, \quad k=1,2,3; \quad j=1,2,3,4. \quad (19)$$

Нехай тепер сукупність $\Delta Ql_j < 0$ відхилень така, що вже відомий можливий сумарний обсяг планової транспортної продукції флоту більше сумарного попиту за всіма напрямками, тобто

$$\sum_{j=1}^n Ql_{jnл} > \sum_{j=1}^n (Ql_j + \Delta Ql_j). \quad (20)$$

В цьому випадку флот може перевезти весь вантаж, не обов'язково використовувати весь бюджет часу. Тому обмеження у зміщеній ДМОЗ наступні:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq T_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (21)$$

$$\sum_{i=1}^m \mu_{ij} x_{ij} = Ql_j + \Delta Ql_j, \quad j = \overline{1, n}; \quad (22)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (23)$$

Таким чином, зміщена ДМОЗ при виконанні умови (20) визначається співвідношеннями (1)–(3), (21)–(23). Її розв'язок можливий тим же шляхом, яким здійснений вище розв'язок БОЗ (1)–(6). Знайдені при цьому $Z_k^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$ підставляються в формулу БПЧ (16).

Проведемо чисельний розрахунок багатофакторної чутливості. Припустимо, що прогнозуються відхилення попиту на транспортну продукцію ΔQl_j , значення яких представлені в таблиці 5.

Таблиця 5.
Прогнозовані відхилення і зміщені значення попиту на транспортну продукцію за напрямками, тис. тонно-миль

ΔQl_1	$Ql_1 + \Delta Ql_1$	ΔQl_2	$Ql_2 + \Delta Ql_2$	ΔQl_3	$Ql_3 + \Delta Ql_3$	ΔQl_4	$Ql_4 + \Delta Ql_4$
-4000	1450000	-375300	681700	-3142740	40057260	-9965	20035

Обчислюючи суму $\sum_{j=1}^4 (Ql_j + \Delta Ql_j)$ взятих з цієї таблиці значень $Ql_j + \Delta Ql_j$ і порівнюючи її з сумами $\sum_{j=1}^4 Ql_{jнп}$ зі значеннями $Ql_{jнп}$ з таблиці 4 при кожному наборі вагових коефіцієнтів,

знаходимо виконання співвідношення (20). На цій основі, використовуючи чисельні значення коефіцієнтів і правих частин обмежень, які взяті з таблиць 1, 2 і 5, здійснимо розв'язання ДБОЗ (1–3), (21)–(23) за допомогою програми Excel при різних наборах вагових коефіцієнтів у згортці $z(x)$ (11). Отримані в результаті розв'язання компромісно-оптимальні значення критеріїв оптимізації представлені в таблиці 6.

Таблиця 6.
Компромісно-оптимальні значення прибутку $Z_1^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$ (тис. грош. од.), витрат $Z_2^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$ (тис. грош. од.) і рентабельності $Z_3^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$ (%) при різних наборах вагових коефіцієнтів у зміщеній багатокритеріальній оптимізаційній задачі ДБОЗ

№ Плану	γ_1	γ_2	γ_3	$Z_1^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$	$Z_2^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$	$Z_3^*(Ql_j + \Delta Ql_j)$
1	0,0	0,2	0,8	62769,0	183833,4	34,14
2	0,0	0,4	0,6	59892,7	178705,4	33,51
3	0,0	0,6	0,4	59163,4	177581,8	33,32
4	0,0	0,8	0,2	58921,8	177276,9	33,24
5	0,0	1,0	0,0	54814,3	176591,9	31,04
6	0,2	0,0	0,8	65627,2	189307,2	34,67

7	0,2	0,2	0,6	62975,1	184207,0	34,19
8	0,2	0,4	0,4	60163,0	179187,6	33,58
9	0,2	0,6	0,2	59501,5	178008,6	33,43
10	0,2	0,7	0,1	59144,1	177557,5	33,31

Розміщені в таблицях чисельні значення величин Q_{lj} (табл. 2), ΔQ_{lj} (табл. 5), $Z_k^*(Q_{lj})$ (табл. 3), $Z_k^*(Q_{lj} + \Delta Q_{lj})$ (табл. 6) дозволяють обчислити за формулою (16) БПЧ плану роботи флоту на зв'язках критеріїв векторної оптимізації з попитом на транспортну продукцію за напрямками перевезень ($sens(Z_k^*,(Q_{lj}))$). Результати обчислень містяться у таблиці 7.

Таблиця 7.

Значення БПЧ на зв'язках критеріїв векторної оптимізації плану з попитом на транспортну продукцію за напрямками перевезень ($sens(Z_k^*,(Q_{lj}))$) при різних наборах вагових коефіцієнтів.

№ плану	γ_1	γ_2	γ_3	$sens(Z_1^*,(Q_{lj}))$	$sens(Z_2^*,(Q_{lj}))$	$Sens(Z_3^*,(Q_{lj}))$
1	0,0	0,2	0,8	-0,070	-0,048	-0,022
2	0,0	0,4	0,6	-0,095	-0,062	-0,035
3	0,0	0,6	0,4	-0,106	-0,068	-0,040
4	0,0	0,8	0,2	-0,110	-0,070	-0,043
5	0,0	1,0	0,0	-0,018	-0,069	0,055
6	0,2	0,0	0,8	-0,064	-0,047	-0,018
7	0,2	0,2	0,6	-0,068	-0,047	-0,022
8	0,2	0,4	0,4	-0,091	-0,060	-0,033
9	0,2	0,6	0,2	-0,101	-0,066	-0,037
10	0,2	0,7	0,1	-0,105	-0,069	-0,039

Знайдені БПЧ (табл.7) представляють собою узагальнені характеристики чутливості критеріїв векторної оптимізації планів роботи флоту (табл. 3), що виражають їх стійкість на ринку транспортних послуг.

За допомогою побудованої таблиці 7 БПЧ ОПР (особа, що приймає рішення) може аналізувати множину компромісно-оптимальних планів (табл. 3) з точки зору їх чутливості і обрати найкращий у відповідності зі своєю системою переваг.

Висновки та пропозиції. У здійснених побудові і аналізі планів роботи флоту судноплавної компанії об'єднано ідеї векторної оптимізації, багатоваріантності і розробленого ефективного багатofакторного дослідження чутливості в умовах відсутності аналітичного представлення залежності критеріїв від факторів.

Застосування запропонованого такого комплексного підходу сприятиме прийняттю правильного рішення у виборі компромісно-оптимального плану, що відповідає кон'юнктурі ринку транспортних послуг, що склалася, і спрямованого на забезпечення конкурентоспроможності компанії, а, отже, довгострокового успішного функціонування судноплавної компанії на ринку транспортних послуг.

Список літератури.

1. Шумлянская О.И. Планирование основной производственной деятельности судоходных компаний на базе экономико-математических моделей: Монография / О.И. Шумлянская. – Одесса: Печатный дом, 2005. – 196 с.
2. Shumlianska O.I. The point standard index of multifactor sensitivity research of the sea transport enterprises' plan criteria // Problems of transport logistics development. Abstracts of the sixth international scientific conference. – Odessa: ONMU. – 2015 – P. 157-159.
3. Shumlianska O.I. Point standard multifactor index of sensitivity // Development of administration and economic management methods on transport: Scient. papers collection. – Issue 1 (54). – Odessa: ONMU, 2016. – P. 120-130.
4. Shumlianska O.I. Factual, prognosticated and standard multifactor sensitivities // Development of administration and economic management methods on transport: Scient. papers collection. – Issue 3 (56). – Odessa: ONMU, 2016. – P. 117-127.
5. Волков И.М. Проектный анализ: Учебник для вузов / И.М. Волков, М.В. Грачева. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1998. – 423 с.

References.

1. Shumljanskaja, O.I. (2005), *Planirovanie osnovnoj proizvodstvennoj dejatel'nosti sudohodnyh kompanij*

na baze jekonomiko-matematicheskikh modelej [Planning the main production activities of shipping companies based on economic and mathematical models], Pechatnyj dom, Odessa, Ukraine, P. 196.

2. Shumlianska O.I. The point standard index of multifactor sensitivity research of the sea transport enterprises' plan criteria // Problems of transport logistics development. Abstracts of the sixth international scientific conference. — Odessa: ONMU. — 2015 — P. 157-159.

3. Shumlianska, O.I. (2016), "Point standard multifactor index of sensitivity", *Development of administration and economic management methods on transport: Scient. papers collection*, Issue 1 (54), pp. 120-130.

4. Shumlianska, O.I. (2016), "Factual, prognosticated and standard multifactor sensitivities", *Development of administration and economic management methods on transport: Scient. papers collection*, Issue 3 (56). — Odessa: ONMU, 2016. — P, pp. 117-127.

5. Volkov, I.M. and Gracheva, M.V. (1998), *Proektnyj analiz: Uchebnik dlja vuzov* [Project analysis: Textbook for universities], Banki i birzhi, JuNITI, Moscow, Russia, P. 423.

Стаття надійшла до редакції 02.09.2019 р.