

<http://dx.doi.org/10.15589/jnn20140614>

УДК 519.8:338.47

К 56

QUALITATIVE ANALYSIS OF THE RISK FORMING FACTORS ON PRE-CONTRACT PHASE OF SHIP FREIGHT

КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РИСКООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПРЕДКОНТРАКТНОЙ СТАДИИ ФРАХТОВАНИЯ СУДОВ

Ihor I. Kovalenko

kovalenko.igor@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2655-6667

Kostiantyn V. Koshkin

kkoshkin@ukr.net

ORCID: 0000-0003-2545-1388

Andriy V. Mandra

mandra.andrew@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0917-5857

И. И. Коваленко,

д-р техн. наук, проф.;

К. В. Кошкин,

д-р техн. наук, проф.;

А. В. Мандра,

преп.

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев

Abstract. Here we discuss the problems associated with the assessment of the degree of compliance of the vessel to the technological and commercial properties of the upcoming ocean freights. The marine transport system has been considered; its key link is a vessel which interacts with the other elements of the system (the port, the cargo, the technologies of the vessel processing in ports, the marine navigation technologies, and others). The vessel is also an object of the charter contract, within which a range of the financial and economic indicators is determined (the value of the freight rate, the expenses for the port charges, fuel and lubrication materials, the wages of the crew, the daily income for the sea passage or for the freight period etc.). One of the most important tasks of the ocean freight is the problem of formation (determination) of the freight rate. The main factors which affect its determination are the vessel speed, its carrying capacity and the propulsive output. The modern shipping tendency is characterized by the increase of the vessel speed; the higher the value of the carried cargo is, the greater the profit from the reduction of the terms of delivery will be. To solve such problems it is suggested to use the analytic hierarchy process (AHP) and the analytic network process (ANP). They are the mathematical tool of the systematic approach to the decision problem in the multi-criteria environment under the conditions of uncertainty and risk.

Keywords: vessel; ocean freight; freight rate; analytic hierarchy process.

Аннотация. Предложен подход к решению задач, связанных с оценкой степени соответствия судна технологическим и коммерческим особенностям предстоящих перевозок. Такие задачи решаются в рамках качественного анализа на основе субъективных оценок экспертов и лиц, принимающих решения.

Ключевые слова: морские перевозки; качественный анализ; экспертные оценки; метод анализа иерархий.

Анотація. Запропоновано підхід до розв'язання задач, пов'язаних з оцінкою рівня відповідності судна технологічним та комерційним особливостям майбутніх перевезень. Такі задачі розв'язуються в рамках якісного аналізу на основі суб'єктивних оцінок експертів і осіб, що приймають рішення.

Ключові слова: морські перевезення; якісний аналіз; експертні оцінки; метод аналізу ієрархій.

REFERENCES

- [1] Akimova O.V., Shybaiev A.G., Akimov V.Yu. Metodicheskiy podhod k vyboru tipa sudna dlya raboty na zadannom napravlenii perezovozok [Methodological approach to the selection of the vessel type for operation on the given direction of transportation]. *Sb. nauch. trudov ONMU – OSMU Collection of Scientific Papers*, 2012, no. 19, pp. 124–139.
- [2] Andreychikov A.V. Kachestvennoe modelirovanie riskovykh situatsiy v ekonomike [Qualitative modeling of risk situations in the economy]. *Vestnik mashynostroeniya – Bulletin of engineering*, 2004, no. 6, pp. 69–76.
- [3] Babkin Ye.V., Martynov A.L. *Mezhdunarodnyie frakhtovyye i transportnyie operatsii* [International freight and transport operations]. Saint Petersburg, SPGUVK Publ., 2002. 204 p.

- [4] Vinnikov V.V., Bykova Ye.D. *Sistemy tehnologiy na morskoy transporte (perevozka i peregruzka gruzov)* [Systems of the technologies in maritime transport (cargo shipping and transshipment)]. Odessa, Feniks Publ., 2006. 186 p.
- [5] Kovtun T.A. *Primenenie metodicheskogo podhoda k initsializatsii proekta predostavleniya transportnoy uslugi* [Application of the methodological approach to the initialization of the freight service project]. *Sb. nauch. trudov ONMU – OSMU Collection of Scientific Papers*, 2010, no. 3, pp. 207–222.
- [6] Kurlyand A.M., Postan M.Ya., Savelieva I.V. *Metod optimizatsii parametrov sudov, obespechivayuschikh okeansko-fidernuyu sistemu dostavki gruzov* [Method of optimization of the vessels parameters providing the ocean-feeder system of the cargo delivery]. *Sb. nauch. trudov ONMU – OSMU Collection of Scientific Papers*, 2010, no. 15, pp. 7–17.
- [7] Kurlyand A.M. *Metody ta zasoby upravlinnia rozvytkom transportnyh system* [Methods and tools for managing the development of transport systems]. *Zb. nauk. prats ONMU* [OSMU Collection of Scientific Papers], 2010, issue 16, pp. 7–17.
- [8] Panarin P.Ya. *Upravlenie rabotoy morskogo flota* [Maritime fleet management]. Odessa, ONMU Publ., 1999. 174 p.
- [9] Rylov S.I., Koskina Yu.A. *Otsenka Frahtovatelem stepeni sootvetstviya sudna osobennostyam perevozki gruzov* [Shipper's assessment of the level of vessels compliance to the features of the freight]. *Sb. nauch. trudov ONMU – OSMU Collection of Scientific Papers*, 2009, no. 2, pp. 94–103.
- [10] Rylov S.I., Gorshkov Ya.A. *Frakhtovanie morskikh sudov* [Chartering of marine vessels]. Odessa, OGMU Publ., 1999. 174 p.
- [11] Saati T. *Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarhiy* [Decision-making. Analytic hierarchy]. Moscow, «Radio i Svyaz» Publ., 1993. 278 p.
- [12] Saaty T. *Decision making with Dependence and Feedback. The analytic Network Process*. PWS Publications, 2000. 370 p.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Основным звеном морской транспортной системы является судно, которое находится во взаимодействии с другими элементами данной системы (портом, грузом, технологией обработки судов в портах, технологией морского судоходства и др.) Судно является также объектом договора фрахтования, в рамках которого определяется ряд финансово-экономических показателей (величина фрахтовой ставки, расходы по портовым сборам, затраты на топливо и горюче-смазочные материалы, заработная плата экипажа, суточная прибыль за рейс или за период перевозки и др.). В этой связи возникают важные задачи, связанные с оценкой степени соответствия судна технологическим и коммерческим особенностям предстоящих перевозок.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В последние годы появился ряд публикаций, посвященных результатам исследований по указанным задачам, например [4]. Так, работа [5] посвящена оценке фрахтователем степени соответствия судна особенностям перевозки грузов; в работе [6] рассмотрен методический подход к инициализации проекта предоставления транспортной услуги; в [9] разработан метод оптимизации параметров судов, обеспечивающих океанско-фидерную систему доставки груза; в [1] предложен методический подход к выбору типа

судна для работы на заданном направлении перевозок; в [3, 10] рассмотрены вопросы подготовки и заключения фрахтовых сделок; работы [7, 8] посвящены изложению общих положений систем технологий на морском транспорте.

Многообразие факторов, определяющих качество контрактов на фрахтование судов, наличие неопределенностей в ряде контрактов создают предпосылки для появления задач принятия решений в условиях многокритериальности и многоальтернативности.

Такие задачи решаются в рамках качественного анализа [2] на основе субъективных оценок экспертов и лиц, принимающих решения. Одним из современных направлений качественного анализа является холистический подход, в котором все рассматриваемые факторы, критерии и альтернативы объединяются в иерархию или в сетевую структуру, допускающую наличие зависимостей между элементами.

В рамках данного подхода широкое распространение получили методы анализа иерархий (МАИ) и аналитических сетей (МАС) [11], которые являются математическим инструментом системного подхода к проблеме принятия решений в многокритериальной среде в условиях неопределенности и риска.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – рассмотрение возможностей применения МАИ и МАС в задачах качественного моделирования рискообразующих факторов фрахтования судов на предконтрактной стадии.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

К числу важнейших задач морских перевозок относится задача формирования (определения) фрахтовой ставки. Согласно работе [6] основными факторами, влияющими на ее определение, являются скорость судна, его грузоподъемность и мощность энергетической установки. Тенденция современного судоходства характеризуется увеличением скорости судов, так как чем выше стоимость перевозимого груза, тем больше будет прибыль от сокращения сроков поставки. Так, например, в линейном судоходстве средняя скорость составляет 20...22 уз, а скорость контейнеровозов достигает 36 уз [10]. Вместе с тем рост цен на топливо и горюче-смазочные материалы в настоящее время составляет 55...60 % расходов на рейс и определяет тенденцию к снижению скорости судов, которая, по мнению авторов работы [10], будет в пределах 14...16 уз.

На грузоподъемность судов разных типов большое влияние оказывают партионность груза, его ценность, общая схема перевозки, техническая оснащенность, нормы грузовых работ портов и др. Следует отметить, что в связи с ростом размеров судов стоимость перегрузки навалочных грузов в портах за последние 15 лет увеличилась втрое [8]. В большей степени это относится к портам выгрузки, в которых производительность обработки судов ниже, чем в портах погрузки. Это определяется в первую очередь производительностью машин грейферного типа, возможности которых практически исчерпаны [7].

Важным фактором является также тип и мощность судовой энергетической установки, так как суда одного назначения могут иметь различные установки, что определяется не столько родом груза, сколько уровнем технического прогресса [9].

Необходимо также указать на ряд факторов, которые несут в себе явные риски: возраст судна, флаг судна и район плавания [3]. Возраст судна характеризует его техническую пригодность для выполнения рейса и определенную гарантию сохранности доставки груза. Кроме того, во многих портах мира существуют возрастные ограничения на заход судов. Флаг судна определяет его национальную принадлежность и влияет на возможности его захода в различные порты, так как в ряде стран существуют запреты на посещение портов судами под флагом некоторых государств. Оба эти фактора могут повлиять на страхование груза, так как привлечение к доставке товара судна, «флаг которого не внушает доверия страховым компаниям», может привести к повышению процента страховой премии [8]. Риск, связанный с районом плавания судна, ассоциируется прежде всего с ростом деятельности международного морского пиратства. Важным фактором, влияющим на величину фрахтовой ставки, является тип судна. Например, для перевозки навалочных грузов (зерна, угля,

руды и др.) широко используются балкеры, рудовозы, углевозы [7]. Несмотря на определенные различия между ними в плане размеров, грузоподъемности, скорости, конструктивных особенностей и др., они характеризуются взаимозаменяемостью при перевозке грузов определенных типов. Например, из схемы тяготения основных видов перевозимых морем грузов к типам судов можно видеть, что зерно и другие сельскохозяйственные продукты могут перевозиться балкерами, рудовозами, углевозами. Это говорит об их взаимосвязи. Выполненный анализ позволяет сформулировать и решить ряд задач с применением МАИ–МАС [12].

Задача выбора лучшей альтернативы. Декомпозиция данной задачи представлена на рис. 1,а, где в качестве критериев (K) и альтернатив (A) выбраны: скорость (K_1); грузоподъемность (K_2); мощность энергетической установки (K_3); балкер (A_1); рудовоз (A_2); углевоз (A_3). Данная иерархия отображает факторы, выгодно влияющие на величину фрахтовой ставки. Для решения используется МАИ, в рамках которого выполняются следующие операции: формируются матрицы парных сравнений (B) между критериями и между альтернативами относительно каждого из критериев; определяются значения собственного вектора (d) матрицы; выполняется нормирование значений d и определяется вес вектора приоритетов. В формализованном виде данную процедуру можно представить так:

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{cases} \sqrt[n]{b_{11} \cdot b_{12} \cdot \dots \cdot b_{1n}} = d_1 \\ \sqrt[n]{b_{21} \cdot b_{22} \cdot \dots \cdot b_{2n}} = d_2 \\ \dots \\ \sqrt[n]{b_{n1} \cdot b_{n2} \cdot \dots \cdot b_{nn}} = d_n \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (d_1 + d_2 + \dots + d_n) = D \Rightarrow \left\{ \frac{d_1}{D} = \omega_1, \frac{d_2}{D} = \omega_2, \dots, \frac{d_n}{D} = \omega_n \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n) - \text{вектор приоритетов.}$$

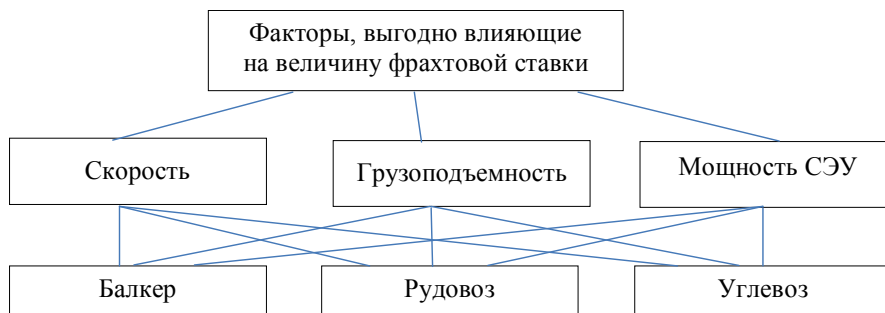
Далее выполняется проверка согласованности элементов матрицы B посредством подсчета отношения согласованности (ОС): $ОС = ИС/СИ$, где $ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ – индекс согласованности;

$\lambda_{\max} = \left(\sum_{j=1}^{n_1} b_j \right) \cdot \omega_1 + \left(\sum_{j=1}^{n_2} b_j \right) \cdot \omega_2 + \dots + \left(\sum_{j=1}^{n_n} b_j \right) \cdot \omega_n$ – максимальное собственное число;
 n – число сравниваемых элементов;
 СИ – случайный индекс.

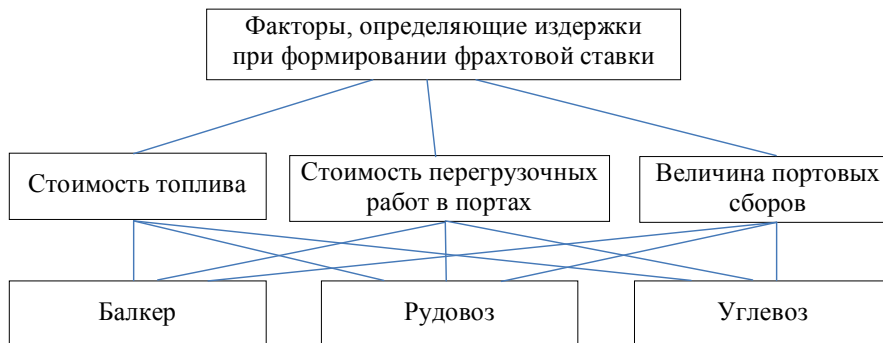
Для $n = 3$ СИ = 0,52; $n = 4$ СИ = 0,89. Матрицы парного сравнения для выгод (см. рис. 1,а) представлены в табл. 1.

Определим приоритеты альтернатив (типов судов) относительно выбранных факторов выгод. В результате имеем:

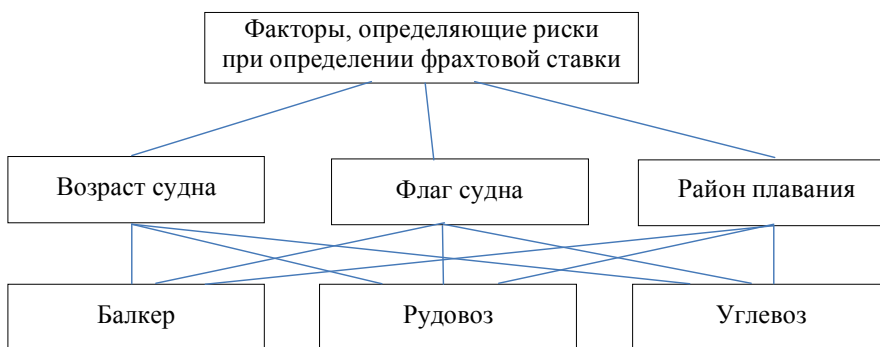
$$\begin{pmatrix} 0,69 & 0,58 & 0,16 \\ 0,09 & 0,34 & 0,11 \\ 0,22 & 0,08 & 0,73 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,63 \\ 0,29 \\ 0,08 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,44 & 0,17 & 0,01 \\ 0,06 & 0,1 & 0,09 \\ 0,14 & 0,02 & 0,06 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,62 \\ 0,16 \\ 0,22 \end{pmatrix}$$



а



б



в

Рис. 1. Доминантные иерархии: а – выгоды; б – издержки; в – риски

Таблица 1. Матрицы суждений для выгод

Фактор	K_1	K_2	K_3	Приоритеты
K_1	1	3	6	0,63
K_2	1/3	1	5	0,29
K_3	1/6	1/5	1	0,08
ОС = 0,081				

Фактор (K_1)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	6	4	0,69
A_2	1/6	1	1/3	0,09
A_3	1/4	3	1	0,22
ОС = 0,046				

Фактор (K_2)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	2	6	0,58
A_2	1/2	1	5	0,34
A_3	1/6	1/5	1	0,08
ОС = 0,025				

Фактор (K_3)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	2	1/6	0,16
A_2	1/2	1	1/5	0,11
A_3	6	5	1	0,73
ОС = 0,074				

Таким образом, лучшей альтернативой является A_1 – балкер с весом приоритета 0,62.

Задача оценки отношения выгоды/издержки. Для решения данной задачи строится вторая иерархия (см. рис. 1,б), отображающая факторы (критерии), которые могут привести к издержкам фракто-

Таблица 2. Матрицы суждений для издержек

Фактор	K_4	K_5	K_6	Приоритеты
K_4	1	1/6	13	0,09
K_5	6	1	5	0,72
K_6	3	1/5	1	0,19
ОС = 0,081				

Фактор (K_5)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	1/3	1/7	0,08
A_2	3	1	1/5	0,19
A_3	7	5	1	0,73
ОС = 0,056				

Приоритеты альтернатив относительно факторов издержек имеют следующие значения:

$$\begin{pmatrix} 0,63 & 0,08 & 0,36 \\ 0,22 & 0,19 & 0,52 \\ 0,15 & 0,73 & 0,12 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,09 \\ 0,72 \\ 0,19 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,18 \\ 0,26 \\ 0,56 \end{pmatrix}$$

Полученные приоритеты выгод, издержек и их отношения представим в табл. 3.

Таблица 3. Показатели выгод, издержек и их отношения

Альтернативы	Балкер	Рудовоз	Углевоз
Выгоды	0,62	0,16	0,22
Издержки	0,18	0,26	0,56
Отношение выгоды/издержки	$0,62/0,18 = 3,44$	0,62	0,39

Таблица 4. Матрицы суждений для рисков

Фактор	K_7	K_8	K_9	Приоритеты
K_7	1	2	1/9	0,12
K_8	1/2	1	1/7	0,08
K_9	9	7	1	0,8
ОС = 0,086				

Фактор (K_8)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	6	1/3	0,29
A_2	1/6	1	1/7	0,07
A_3	3	7	1	0,64
ОС = 0,086				

вания судна: K_4 – стоимость топлива; K_5 – стоимость перегрузочных работ в портах; K_6 – величина портовых сборов.

Альтернативы при этом остаются прежними. Матрицы парных сравнений для данной иерархии представлены в табл. 2.

Фактор (K_4)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	3	0,63
A_2	1/4	1	2	0,22
A_3	1/3	1/2	1	0,15
ОС = 0,093				

Фактор (K_6)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	1/2	4	0,36
A_2	2	1	3	0,52
A_3	1/4	1/3	1	0,12
ОС = 0,093				

Выбираем альтернативу с наибольшим отношением выгоды к издержкам – предпочтение отдаем балкеру.

Задача оценки отношения выгоды/издержки, риски. К двум ранее построенным иерархиям добавляется третья (см. рис. 1,в), учитывающая ряд рискообразующих факторов: K_7 – возраст судна; K_8 – флаг судна; K_9 – район плавания.

Матрицы парных сравнений приведены в табл. 4.

Приоритеты альтернатив относительно факторов рисков имеют следующие значения:

$$\begin{pmatrix} 0,67 & 0,29 & 0,36 \\ 0,23 & 0,07 & 0,1 \\ 0,11 & 0,64 & 0,54 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,12 \\ 0,08 \\ 0,8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,39 \\ 0,11 \\ 0,50 \end{pmatrix}$$

Полученные приоритеты сведем в табл. 5.

Фактор (K_7)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	5	0,67
A_2	1/4	1	3	0,23
A_3	1/5	1/3	1	0,1
ОС = 0,074				

Фактор (K_9)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	5	1/2	0,36
A_2	1/5	1	1/4	0,1
A_3	2	4	1	0,54
ОС = 0,081				

Таблица 5. Показатели выгод, издержек, рисков и их отношения

Альтернативы	Балкер	Рудовоз	Углевоз
Выгоды	0,62	0,16	0,22
Издержки	0,18	0,26	0,56
Риски	0,39	0,11	0,5
Отношение выгоды/ /(издержки·риски)	$0,62/(0,18 \cdot 0,39) = 8,85$	5,33	0,78

Задача определения приоритетов альтернатив в условиях их взаимозависимости. В первоначальной иерархии (см. рис. 1,а) полагалось, что альтернативы (типы судов) являются независимыми. Однако

ранее отмечалось, что выбранные типы судов могут быть взаимосвязаны возможностью перевозок ними одного типа груза. Данное обстоятельство является основанием для перестройки исходной иерархии и приведения ее к виду, показанному на рис. 2. Для анализа данной иерархии в дополнение к матрицам табл. 1 необходимо сформировать матрицу, определяющую зависимость между типами судов по отношению к каждому критерию – другими словами, определить, насколько сильно влияет каждое судно по каждому отдельному критерию. Такая матрица представлена табл. 6.

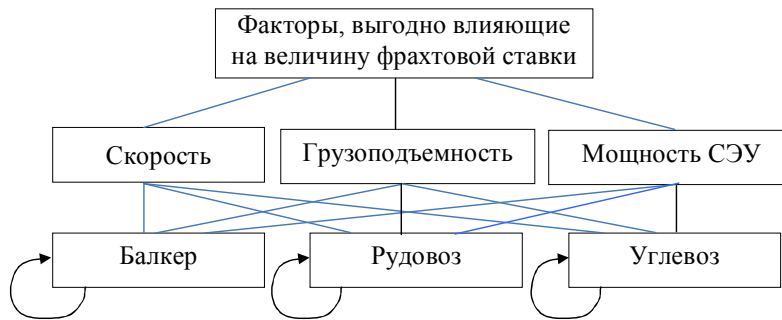


Рис. 2. Иерархия с внешними и внутренними зависимостями альтернатив

Для получения окончательных приоритетов взаимозависимости каждый столбец приоритетов зависимости умножается на общий вес соответствующего фактора и затем компоненты складываются.

Таким образом, имеем:

$$\begin{pmatrix} 0,54 & 0,65 & 0,64 \\ 0,36 & 0,12 & 0,29 \\ 0,1 & 0,23 & 0,07 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,44 \\ 0,06 \\ 0,14 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,53 & 0,68 & 0,69 \\ 0,33 & 0,2 & 0,22 \\ 0,14 & 0,12 & 0,1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,17 \\ 0,1 \\ 0,02 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0,64 & 0,17 & 0,07 \\ 0,27 & 0,1 & 0,24 \\ 0,09 & 0,76 & 0,06 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,01 \\ 0,09 \\ 0,06 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,6 \\ 0,22 \\ 0,18 \end{pmatrix}.$$

Сравнения приоритетов при независимости и зависимости альтернатив приведены ниже:

	При независимости	При зависимости
Балкер	0,62	0,60
Рудовоз	0,16	0,22
Углевоз	0,22	0,18

Найденные значения показывают, что балкер будет лучшей альтернативой.

Задача определения приоритетов альтернатив в условиях их зависимости от критериев. Такая зада-

ча может быть представлена простой сетью с циклом, характеризующим двунаправленную связь между критериями и альтернативами (рис. 3). Парные сравнения в такой сети выполняются в два этапа. На первом этапе альтернативы (типы судов) сравниваются по каждому из критериев. Затем выполняются парные сравнения критериев для каждого типа судна. При этом задавались вопросы: какое из двух судов в большей степени удовлетворяет критерию, какой из двух критериев более характерный для данного типа судна? Данные сравнения представлены в табл. 7 и 8.

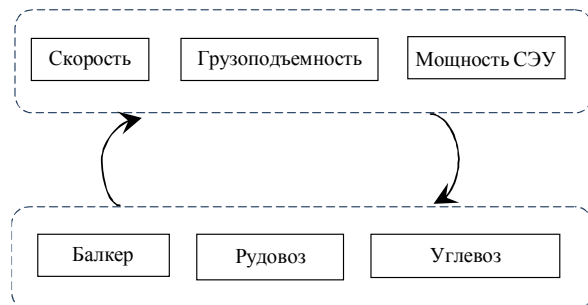


Рис. 3. Простая сеть с циклом, характеризующим двунаправленную связь между критериями и альтернативами

Таблиця 6. Матриці парних порівнянь, що визначають залежність судів по кожному критерію

$A_1 (K_1)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	2	4	0,54
A_2	1/2	1	5	0,36
A_3	1/4	1/5	1	0,1
OC = 0,081				

$A_2 (K_1)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	5	3	0,65
A_2	1/5	1	1/2	0,12
A_3	1/3	2	1	0,23
OC = 0,003				

$A_3 (K_1)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	3	7	0,64
A_2	1/3	1	6	0,29
A_3	1/7	1/6	1	0,07
OC = 0,086				

$A_1 (K_2)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	2	3	0,53
A_2	1/2	1	3	0,33
A_3	1/3	1/3	1	0,14
OC = 0,046				

$A_2 (K_2)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	5	0,68
A_2	1/4	1	2	0,2
A_3	1/5	1/2	1	0,12
OC = 0,02				

$A_3 (K_2)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	6	0,69
A_2	1/4	1	3	0,22
A_3	1/6	1/3	1	0,1
OC = 0,046				

$A_1 (K_3)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	3	6	0,64
A_2	1/3	1	4	0,27
A_3	1/6	1/4	1	0,09
OC = 0,046				

$A_2 (K_3)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	2	1/7	0,14
A_2	1/2	1	1/6	0,1
A_3	7	6	1	0,76
OC = 0,069				

$A_3 (K_3)$	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	9	0,7
A_2	1/4	1	6	0,24
A_3	1/9	1/6	1	0,06
OC = 0,093				

Таблица 7. Парные сравнения альтернатив относительно критериев

Фактор (K_i)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	3	5	0,65
A_2	1/3	1	2	0,23
A_3	1/5	1/2	1	0,12
ОС = 0,0032				

Фактор (K_2)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	4	3	0,63
A_2	1/4	1	2	0,22
A_3	1/3	1/2	1	0,15
ОС = 0,093				

Фактор (K_3)	A_1	A_2	A_3	Приоритеты
A_1	1	5	3	0,63
A_2	1/5	1	1/4	0,1
A_3	1/3	4	1	0,27
ОС = 0,074				

По полученным собственным векторам этих шести матриц записывается суперматрица, представленная в табл. 9.

Таблица 9. Суперматрица

	K_1	K_2	K_3	A_1	A_2	A_3
K_1	0	0	0	0,63	0,64	0,08
K_2	0	0	0	0,15	0,09	0,12
K_3	0	0	0	0,22	0,27	0,8
A_1	0,65	0,63	0,63	0	0	0
A_2	0,23	0,22	0,1	0	0	0
A_3	0,12	0,15	0,27	0	0	0

Таблица 10. Преобразованная суперматрица

Для $n = 12$						
	K_1	K_2	K_3	A_1	A_2	A_3
K_1	0,536434	0,536434	0,536434	0	0	0
K_2	0,133649	0,133649	0,133649	0	0	0
K_3	0,329917	0,329917	0,329917	0	0	0
A_1	0	0	0	0,640729	0,640729	0,640729
A_2	0	0	0	0,185774	0,185774	0,185774
A_3	0	0	0	0,173497	0,173497	0,173497
Для $n = 13$						
	K_1	K_2	K_3	A_1	A_2	A_3
K_1	0	0	0	0,536434	0,536434	0,536434
K_2	0	0	0	0,133649	0,133649	0,133649
K_3	0	0	0	0,329917	0,329917	0,329917
A_1	0,640729	0,640729	0,640729	0	0	0
A_2	0,185774	0,185774	0,185774	0	0	0
A_3	0,173497	0,173497	0,173497	0	0	0

Таблица 8. Парные сравнения критериев относительно альтернатив

Альтернатива (A_i)	K_1	K_2	K_3	Приоритеты
K_1	1	3	4	0,63
K_2	1/3	1	1/2	0,15
K_3	1/4	2	1	0,22
ОС = 0,093				

Альтернатива (A_2)	K_1	K_2	K_3	Приоритеты
K_1	1	6	3	0,64
K_2	1/6	1	1/4	0,09
K_3	1/3	4	1	0,27
ОС = 0,046				

Альтернатива (A_3)	K_1	K_2	K_3	Приоритеты
K_1	1	1/2	1/8	0,08
K_2	2	1	1/9	0,12
K_3	8	9	1	0,8
ОС = 0,063				

В данном случае сумма элементов каждого столбца равна единице, т. е. матрица является стохастической. Поэтому результирующие приоритеты элементов суперматрицы получаются путем возведения ее в предельные степени.

Данная суперматрица при возведении в целочисленные степени n , начиная с $n = 12$, дает две стабильные формы, которые имеют следующий вид (результат представлен в табл. 10).

Таким образом, может быть сделан окончательный вывод о том, что лучшей является альтернатива A_1 (балкер), которая обеспечивается критерием K_1 (скоростью).

Продолж. табл. 10

Для $n = 14$						
	K_1	K_2	K_3	A_1	A_2	A_3
K_1	0,536434	0,536434	0,536434	0	0	0
K_2	0,133649	0,133649	0,133649	0	0	0
K_3	0,329917	0,329917	0,329917	0	0	0
A_1	0	0	0	0,640729	0,640729	0,640729
A_2	0	0	0	0,185774	0,185774	0,185774
A_3	0	0	0	0,173497	0,173497	0,173497
Для $n = 15$						
	K_1	K_2	K_3	A_1	A_2	A_3
K_1	0	0	0	0,536434	0,536434	0,536434
K_2	0	0	0	0,133649	0,133649	0,133649
K_3	0	0	0	0,329917	0,329917	0,329917
A_1	0,640729	0,640729	0,640729	0	0	0
A_2	0,185774	0,185774	0,185774	0	0	0
A_3	0,173497	0,173497	0,173497	0	0	0

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрена актуальная задача качественно-го анализа рискообразующих факторов на предконтрактной стадии фрахтования судов, которая характеризуется многокритериальностью и многоальтернативностью.

2. Впервые для решения такой задачи используется комплексное применение методов анализа

иерархий и аналитических сетей, что дает возможность выполнить глубокий анализ факторов, влияющих на величину фрахтовой ставки, и учитывающий взаимосвязи между ними.

3. Приведенные в работе примеры создают предпосылки для разработки программного обеспечения поддержки принятия решения на предварительной стадии выбора типа судна для предстоящих перевозок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Акимов, О. В.** Методический подход к выбору типа судна для работы на заданном направлении перевозок [Текст] / О. В. Акимов, А. Г. Шибяев, В. Ю. Акимов // Сб. науч. трудов ОНМУ. – 2012. – № 19. – С. 124–139.
- [2] **Андрейчиков, А. В.** Качественное моделирование рискованных ситуаций в экономике [Текст] / А. В. Андрейчиков // Вестник машиностроения. – 2004. – № 6. – С. 69–76.
- [3] **Бабкин, Е. В.** Международные фрахтовые и транспортные операции [Текст] / Е. В. Бабкин, А. Л. Мартынов. – СПб. : СПГУВК, 2002. – 204 с.
- [4] **Винников, В. В.** Системы технологий на морском транспорте (перевозка и перегрузка грузов) [Текст] : учебное пособие / В. В. Винников, Е. Д. Быкова. – О. : Фенікс, 2006. – 186 с.
- [5] **Ковтун, Т. А.** Применение методического подхода к инициализации проекта предоставления транспортной услуги [Текст] / Т. А. Ковтун // Сб. науч. трудов ОНМУ. – 2010. – № 3. – С. 207–222.
- [6] **Курлянд, А. М.** Метод оптимизации параметров судов, обеспечивающих океанско-фидерную систему доставки груза [Текст] / А. М. Курлянд, М. Я. Постан, И. В. Савельева // Сб. науч. трудов ОНМУ. – 2010. – № 15. – С. 7–17.
- [7] **Курлянд, А. М.** Методы та засоби управління розвитком транспортних систем [Текст] / А. М. Курлянд // Зб. науч. праць. – О. : ОНМУ, 2010. – Вип. 16. – С. 7–17.
- [8] **Панарин, П. Я.** Управление работой морского флота [Текст] / П. Я. Панарин. – О. : ОГМУ, 1999. – 174 с.
- [9] **Рылов, С. И.** Оценка Фрахтователем степени соответствия судна особенностям перевозки груза [Текст] / С. И. Рылов, Ю. А. Коскина // Сб. науч. трудов ОНМУ. – 2009. – № 2. – С. 94–103.
- [10] **Рылов, С. И.** Фрахтование морских судов [Текст] : учебное пособие / С. И. Рылов, Я. А. Горшков. – О. : ОГМУ, 1999. – 174 с.
- [11] **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. – М. : Радио и связь, 1993. – 278 с.
- [12] **Saaty, T.** Decision making with Dependence and Feedback [Text] / T. Saaty // The analytic Network Process : PWS Publications, 2000. – 370 p.

© І. І. Коваленко, К. В. Кошкін, А. В. Мандра

Надійшла до редколегії 18.09.2014

Статтю рекомендує до друку
д-р техн. наук, проф. А. Я. Казарезов