

Научная статья

УДК 621.6

## **ВЫБОР СПОСОБА ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ОТДАЛЕННЫХ РЕГИОНАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ**

✉ Скрышникова Оксана Ивановна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ [skrypnikova.oxana@yandex.ru](mailto:skrypnikova.oxana@yandex.ru)

*Аннотация.* Многие годы нефть остается незаменимым полезным ископаемым, переработка и транспортировка которого осуществляется колоссальными темпами. Освоение сырьевого потенциала в отдаленных регионах набирает обороты, однако в то же время транспортировка нефтепродуктов в данной местности связана с определенными трудностями, выражаемыми суровыми погодными условиями, уязвимостью природной среды, а также удаленностью. В совокупности вышеперечисленные факторы определяют сезонность использования отдельных видов транспорта, повышение цен на эксплуатацию транспортной инфраструктуры. Поэтому актуальным вопросом является выбор оптимального способа транспортировки нефтепродуктов в отдаленных регионах. В работе рассмотрен пример выбора способа транспортировки в отдаленных регионах из четырех альтернатив (автомобильный, трубопроводный, водный, трубопроводный) по пяти критериям (допустимый объем перевозимого нефтепродукта, стоимость перевозки, возможность доставки нефтепродуктов в отдаленные регионы, скорость доставки, зависимость от погодных условий/состояния дорог) на основе метода анализа иерархий.

*Ключевые слова:* метод анализа иерархий, нефтепродукты, транспортировка

**Для цитирования:** Скрышникова О.И. Выбор способа транспортировки нефтепродуктов в отдаленных регионах на основе метода анализа иерархий // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2023. № 1 (45). С. 66–77.

Scientific article

## **THE CHOICE OF THE METHOD OF TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS IN REMOTE REGIONS BASED ON THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS**

✉ Skrypnikova Oksana I.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ [skrypnikova.oxana@yandex.ru](mailto:skrypnikova.oxana@yandex.ru)

*Abstract.* For many years, oil has remained an indispensable mineral, the processing and transportation of which is carried out at an enormous pace. The development of raw material potential in the Arctic zone is gaining momentum, but at the same time, the transportation of petroleum products in this area is associated with certain difficulties, expressed by severe weather conditions, vulnerability of the natural environment, as well as the remoteness of the Arctic regions. Together, the above factors determine the seasonality of the use of certain types of transport, the increase in prices for the operation of transport infrastructure. Therefore, an urgent issue is the choice of the optimal method of transportation of petroleum products in remote regions. The paper considers an example of choosing a method of transportation in remote regions from four alternatives (automobile, pipeline, water, pipeline) according to five criteria (permissible volume of transported petroleum products, cost of transportation, the possibility of delivering petroleum products to remote regions, speed of delivery, dependence on weather conditions/road conditions) based on the hierarchy analysis method.

*Keywords:* hierarchy analysis method, petroleum products, transportation

**For citation:** Skrypnikova O.I. The choice of the method of transportation of petroleum products in remote regions based on the method of hierarchy analysis // *Prirodnye i tekhnogennye riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)* = Natural and man-made risks (physico-mathematical and applied aspects). 2023. № 1 (45). P. 66–77.

## Введение

Отдаленные регионы Российской Федерации, к которым относят Камчатский край, Магаданскую область, Ненецкий АО, Республику Саха (Якутия), Сахалинскую область, Чукотский АО, Ямало-Ненецкий АО, располагают большими объемами углеводородного сырья, однако добыча и транспортировка нефтепродуктов в данной местности является весьма затруднительной ввиду своеобразия климатических условий [1, 2].

На сегодняшний день активно используют четыре способа транспортировки, к которым относят автомобильный, железнодорожный, водный, трубопроводный. Развитие транспортной инфраструктуры на территории отдаленных регионов неоднозначно [3–6]. Например, в западных регионах достаточно развита сеть автомобильных дорог и ж/д путей, а в регионах Сибири и Дальнего Востока наземные транспортные коммуникации практически отсутствуют, и сообщение осуществляется посредством воздушного и водного транспорта. По оценкам динамика развития железных дорог в арктических регионах незначительна, в определенных регионах по причине закрытия некоторых участков протяженность путей уменьшилась. Что касается автомобильных дорог, то их протяженность имеет тенденцию к увеличению, однако в некоторых регионах строительство новых дорог практически не велось [7, 8]. Водный транспорт не всегда возможно использовать, ввиду наличия льдов, либо же использовать его в составе каравана за ледоколом, что является длительным процессом. Трубопроводный транспорт развит только в некоторых регионах. В связи с этим возникает задача выбора оптимального способа транспортировки с учетом нескольких критериев. Решить многокритериальную задачу возможно с помощью метода анализа иерархий (МАИ).

## Методы исследования

МАИ, предложенный Т.Л. Саати [9], позволяет выбрать оптимальный способ транспортировки нефтепродуктов в отдаленных регионах путем попарного сравнения способов по каждой альтернативе. Блок-схема алгоритма решения задачи с помощью МАИ представлена на рис. 1.

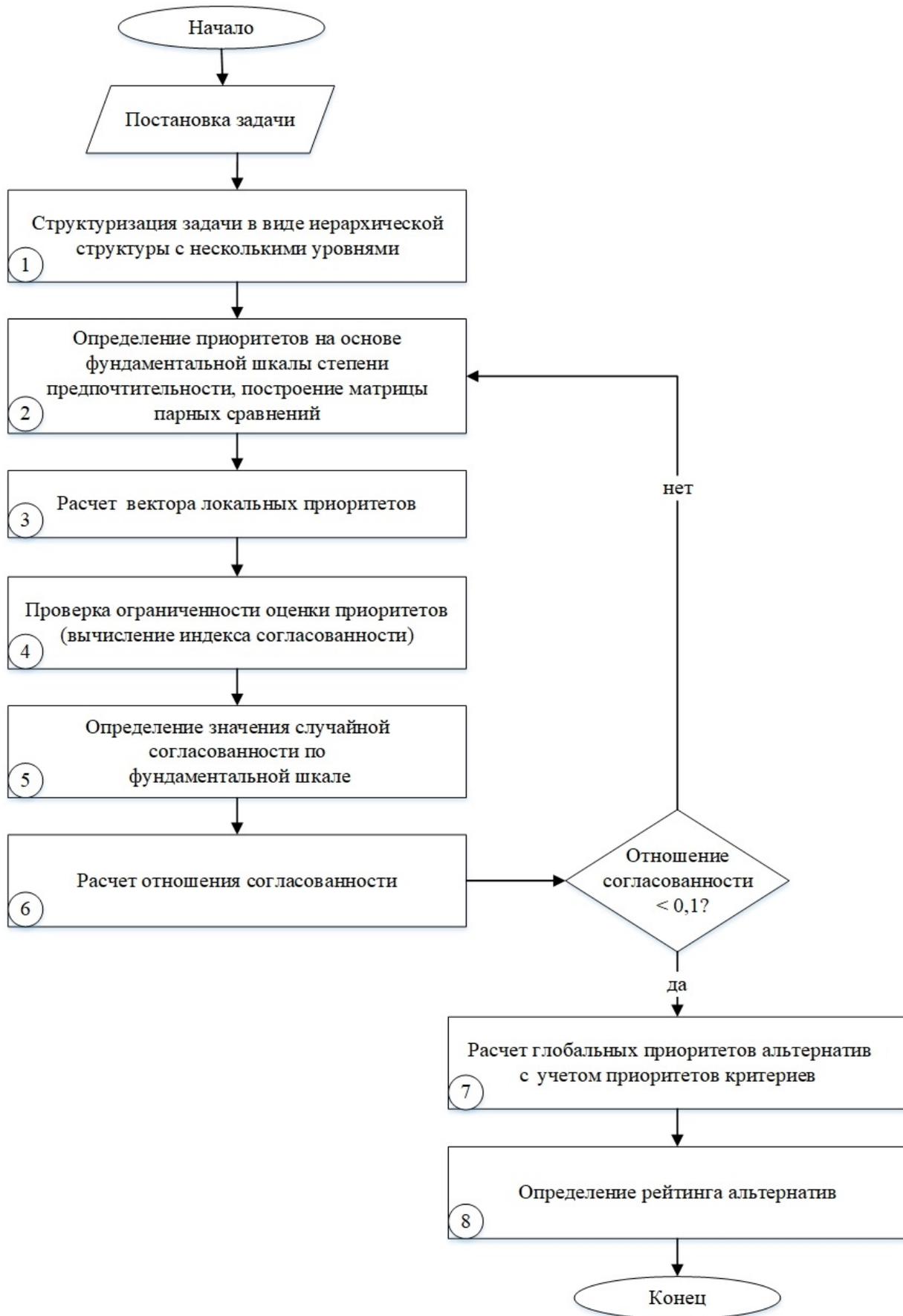


Рис. 1. Блок-схема алгоритма решения задачи на основе метода анализа иерархий

**Этап 1. Структуризация задачи в виде иерархической структуры.** На данном этапе определяются цель, критерии и альтернативы, которые представляют собой иерархию. Вершиной иерархии является цель, промежуточный уровень – критерии, нижний уровень – альтернативы.

**Этап 2. Определение приоритетов** путем построения матрицы парных сравнений для всех альтернатив по каждому критерию на основе фундаментальной шкалы степени предпочтительности (табл. 1).

Таблица 1

**Фундаментальная шкала степени предпочтительности**

$a_{ij}^*$	Пояснения
1	Одинаковая значимость. Два действия вносят одинаковый вклад в достижение цели
3	Некоторое преобладание значимости одного действия перед другим (слабая значимость). Опыт и суждение дают лёгкое предпочтение одному действию перед другим
5	Существенная или сильная значимость. Опыт и суждение дают сильное предпочтение одному действию перед другим
7	Очень сильная или очевидная значимость. Предпочтение одного действия перед другим очень сильно. Его превосходство практически явно
9	Абсолютная значимость. Свидетельство в пользу предпочтения одного действия другому в высшей степени предпочтительны
2, 4, 6, 8	Промежуточные значения между соседними значениями шкалы. Ситуация, когда необходимо компромиссное решение

\* $a_{ij}$  – элемент матрицы парных сравнений

**Этап 3. Расчет вектора локальных приоритетов (ВЛП).** Производится расчет для каждой матрицы сравниваемых элементов (табл. 2). Такие же расчеты выполняются для каждого критерия по альтернативам.

Таблица 2

**Расчет локального вектора приоритетов**

Критерий	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	ВЛП
$x_1$	$a_{11}$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$	$\frac{\sqrt[n]{a_{11} * a_{12} * \dots * a_{1n}}}{\sum \sqrt[n]{\text{произведение}}}$
$x_2$	$a_{21}$	$a_{22}$	...	$a_{2n}$	$\frac{\sqrt[n]{a_{21} * a_{22} * \dots * a_{2n}}}{\sum \sqrt[n]{\text{произведение}}}$
...	...	...	...	...	...
$x_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn}$	$\frac{\sqrt[n]{a_{n1} * a_{n2} * \dots * a_{nn}}}{\sum \sqrt[n]{\text{произведение}}}$
Итого	$\sum a_{ij}$				

**Этап 4. Проверка ограниченности оценки приоритетов** путем вычисления индекса согласованности (ИС), определяемого формулой:

$$ИС = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

где  $n$  – размерность матрицы;  $\lambda_{max}$  – собственное число матрицы, которое вычисляется следующим образом: 1) суммируется каждый столбец матрицы парных сравнений; 2) сумма первого столбца умножается на первую компоненту вектора локальных приоритетов, сумма второго столбца на вторую компоненту и т.д.; 3) полученные произведения суммируются.

**Этап 5. Определение значения случайной согласованности (СС).** Необходимо сравнить ИС с той величиной, которая получилась бы при случайном выборе суждений по фундаментальной шкале (1 ... 10) для заданного значения (табл. 3).

Таблица 3

#### Значения случайной согласованности

Размерность матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Этап 6. Расчет отношения согласованности (ОС).** После определения ИС и СС, находят отношение согласованности по формуле:

$$ОС = \frac{ИС}{СС}.$$

Если значение отношения согласованности больше 0,1, то можно утверждать о рассогласованности, и матрицу следует заполнить заново. В противном случае можно приступать к следующему этапу.

**Этап 7. Расчет глобальных приоритетов.** Производится путем умножения значений ВЛП на приоритеты соответствующих критериев уровня, и суммируются по каждому элементу в соответствии с критериями.

**Этап 8. Определение рейтинга альтернатив.** Определяется альтернатива с наибольшим глобальным приоритетом, которая и будет являться наилучшим решением.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В работе отражено применение блок-схемы алгоритма решения задачи на основе МАИ на примере выбора оптимального способа транспортировки для доставки нефтепродуктов в отдаленных регионах из четырех альтернатив:

- автомобильный – А1;
- ж/д транспорт – А2;
- водный – А3;
- трубопроводный – А4.

Выбор осуществлялся на основе пяти критериев:

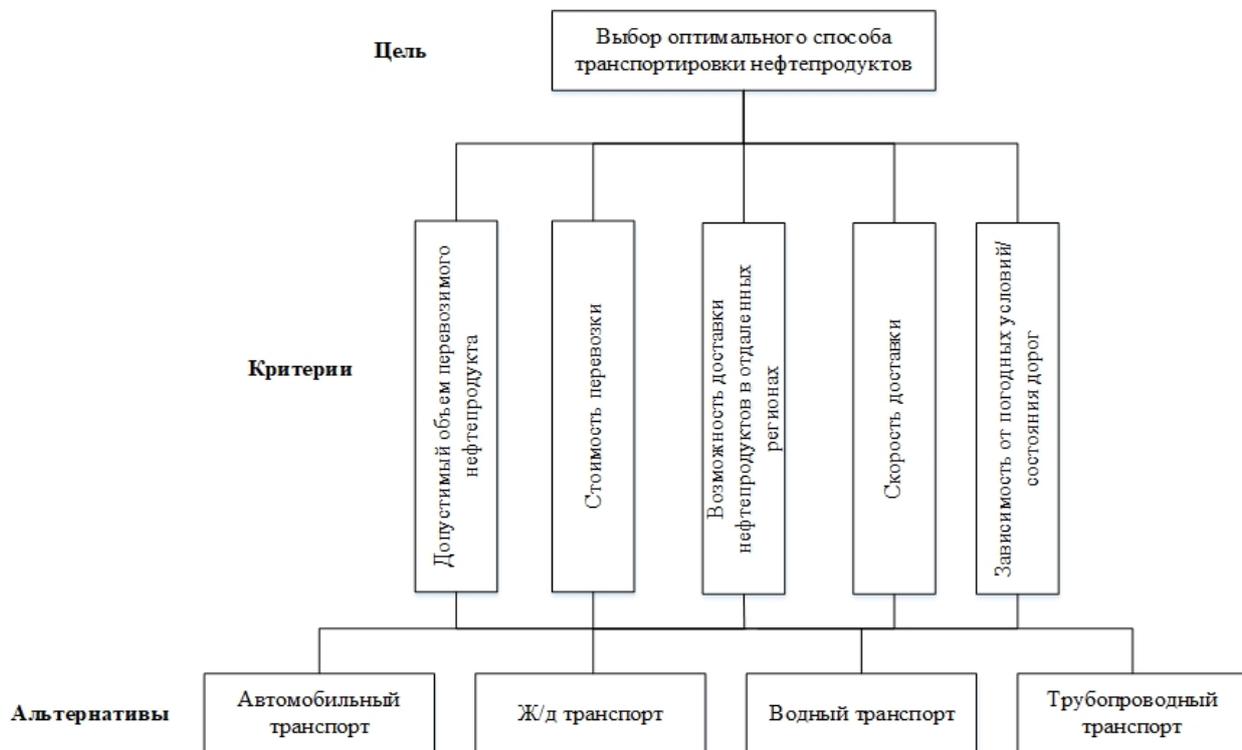
- допустимый объем перевозимого нефтепродукта – К1;
- стоимость перевозки – К2;
- возможность доставки нефтепродуктов в отдаленных регионах – К3;
- скорость доставки – К4;
- зависимость от погодных условий/состояния дорог (ПУ/СД) – К5.

В табл. 4 приведены исходные данные для эксперта, на основе анализа которых строятся матрицы парных сравнений.

**Исходные данные**

	К1 (малый/ большой)	К2 (низкая/средняя/ высокая)	К3 (да/нет)	К4 (высокая/ низкая)	К5 (подвержен/ не подвержен)
Автомобильный транспорт	малый	средняя	да	высокая	не подвержен
Ж/д транспорт	большой	средняя	да	высокая	не подвержен
Водный транспорт	большой	средняя	да	низкая	подвержен
Трубопроводный транспорт	большой	низкая	да	высокая	не подвержен

**Этап 1.** Произведена декомпозиция проблемы принятия решений (рис. 2).



**Рис. 2. Иерархия проблемы выбора способа транспортировки**

**Этап 2.** На основе фундаментальной шкалы степени предпочтительности (табл. 1) были построены матрицы парных сравнений для каждой альтернативы по всем критериям (табл. 5–10), опираясь на исходные данные.

Таблица 5

**Матрица парных сравнений критериев**

Критерии	К1	К2	К3	К4	К5
К1	1	1/4	1/2	3	3
К2	4	1	1/2	2	5
К3	2	2	1	4	4
К4	1/3	1/2	1/4	1	3
К5	1/3	1/5	1/4	1/3	1

Таблица 6

**Матрица парных сравнений для критерия К1**

Допустимый объем	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/8	1/7	1/9
A2	8	1	3	1/2
A3	7	1/3	1	1/3
A4	9	2	3	1

Таблица 7

**Матрица парных сравнений для критерия К2**

Стоимость перевозки	A1	A2	A3	A4
A1	1	8	6	3
A2	1/8	1	1/3	1/7
A3	1/6	3	1	1/5
A4	1/3	7	5	1

Таблица 8

**Матрица парных сравнений для критерия К3**

Возможность доставки	A1	A2	A3	A4
A1	1	4	7	2
A2	1/4	1	3	1/5
A3	1/7	1/3	1	1/6
A4	1/2	5	6	1

Таблица 9

**Матрица парных сравнений для критерия К4**

Скорость доставки	A1	A2	A3	A4
A1	1	5	9	3
A2	1/5	1	4	1/6
A3	1/9	1/4	1	1/7
A4	1/3	6	7	1

Таблица 10

**Матрица парных сравнений для критерия К5**

Зависимость от ПУ/СД	A1	A2	A3	A4
A1	1	1/7	3	1/6
A2	7	1	7	3
A3	1/9	1/7	1	1/6
A4	6	1/3	6	1

**Этап 3–6.** Для расчета вектора локальных приоритетов (ЛВП), вычисления индекса и отношения согласованности использовался пакет MS Excel, данные расчетов представлены в табл. 11–16.

Таблица 11

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для критериев**

Критерии	1	2	3	4	5	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
1	1	0,25	0,5	3	3	1,125	1,024	0,166		
2	4	1	0,5	2	5	20	1,821	0,296		
3	2	2	1	4	4	64	2,297	0,373		
4	0,333	0,5	0,25	1	3	0,125	0,659	0,107		
5	0,333	0,2	0,25	0,333	1	0,006	0,354	0,057		
Итого	7,666	3,95	2,5	10,333	16		6,155		0,101	0,09

На данном этапе можно сделать вывод о том, что наиболее значимым критерием при выборе вида транспорта является возможность доставки в отдаленные регионы, а наименее значимым – зависимость от ПУ/СД.

Таблица 12

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для К1**

Допустимый объем	A1	A2	A3	A4	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
A1	1	0,125	0,143	0,111	0,002	0,211	0,037		
A2	8	1	3	0,5	12	1,861	0,325		
A3	7	0,333	1	0,333	0,776	0,939	0,164		
A4	9	2	3	1	54	2,711	0,474		
Итого	25	3,458	7,143	1,944		5,722		0,046	0,051

По критерию «Допустимый объем» наиболее приоритетным является трубопроводный транспорт.

Таблица 13

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для К2**

Стоимость перевозки	A1	A2	A3	A4	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
A1	1	8	6	3	144	3,464	0,563		
A2	0,125	1	0,333	0,143	0,006	0,278	0,045		
A3	0,167	3	1	0,2	0,1	0,563	0,091		
A4	0,333	7	5	1	11,655	1,848	0,3		
Итого	1,625	19	12,333	4,343		6,152		0,068	0,076

По критерию «Стоимость перевозки» наиболее приоритетным является автомобильный транспорт.

Таблица 14

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для К3**

Возможность доставки в отдаленных регионах	A1	A2	A3	A4	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
A1	1	4	7	2	56	2,736	0,486		
A2	0,25	1	3	0,2	0,15	0,622	0,111		
A3	0,143	0,333	1	0,167	0,008	0,299	0,053		
A4	0,5	5	6	1	15	1,968	0,349		
Итого	1,893	10,333	17	3,367		5,625		0,048	0,054

По критерию «Возможность доставки в отдаленных регионах» наиболее приоритетным является автомобильный транспорт.

Таблица 15

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для К4**

Скорость доставки	A1	A2	A3	A4	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
A1	1	5	9	3	135	3,409	0,529		
A2	0,2	1	4	0,67	0,536	0,855	0,133		
A3	0,111	0,25	1	0,143	0,004	0,251	0,039		
A4	0,333	6	7	1	13,986	1,934	0,299		
Итого	1,644	12,25	21	4,813		6,449		0,098	0,1

По критерию «Скорость доставки» наиболее приоритетным является автомобильный транспорт.

Таблица 16

**Расчет ЛВП, ИС, ОС для К5**

Зависимость от ПУ/СД	A1	A2	A3	A4	Произведение	Корень	ЛВП	ИС	ОС
A1	1	0,143	3	0,167	0,072	0,517	0,085		
A2	7	1	7	3	147	3,482	0,572		
A3	0,111	0,143	1	0,167	0,003	0,227	0,037		
A4	6	0,333	6	1	11,988	1,861	0,306		
Итого	14,111	1,619	17	4,334		6,087		0,084	0,09

По критерию «Зависимость от ПУ/СД» наиболее приоритетным является ж/д транспорт. Во всех случаях ОС  $\leq 0,1$ , что говорит о согласованности.

**Этап 7.** В табл. 17 отражен расчет приоритетов для всей иерархии в совокупности.

**Расчет приоритетов для всей иерархии в совокупности**

	Векторы приоритетов					
	K1	K2	K3	K4	K5	Глобальный приоритет
	0,166	0,296	0,373	0,107	0,057	
A1	0,037	0,563	0,486	0,549	0,084	0,418
A2	0,325	0,045	0,111	0,098	0,565	0,151
A3	0,164	0,091	0,053	0,04	0,037	0,081
A4	0,474	0,3	0,349	0,312	0,306	0,348

$ГП1 = (0,166*0,037) + (0,296*0,563) + (0,373*0,486) + (0,107*0,549) + (0,057*0,084) = 0,418;$

$ГП2 = (0,166*0,325) + (0,296*0,045) + (0,373*0,111) + (0,107*0,098) + (0,057*0,565) = 0,151;$

$ГП3 = (0,166*0,164) + (0,296*0,091) + (0,373*0,053) + (0,107*0,04) + (0,057*0,037) = 0,081;$

$ГП4 = (0,166*0,474) + (0,296*0,3) + (0,373*0,349) + (0,107*0,312) + (0,057*0,306) = 0,348.$

**Этап 8.** Сравнивая полученные значения глобальных приоритетов, определены рейтинги всех видов транспорта относительно цели задачи. Наибольший приоритет – 0,418 оказался у автомобильного транспорта. Согласно проведенному оцениванию по МАИ, в соответствии с поставленной целью – доставкой нефтепродуктов в отдаленных регионах предпочтение следует отдать именно этому виду транспорта.

**Заключение**

Таким образом, МАИ является одним из перспективных методов решения многокритериальных задач в системе поддержки принятия решений, который обладает рядом преимуществ, таких как наглядность решения задачи, простота логических выводов, также стоит отметить, что область применения метода универсальна.

В работе с помощью блок-схемы алгоритма решения задачи на основе МАИ был выбран оптимальный способ транспортировки нефтепродуктов в отдаленных регионах, которым является автомобильный транспорт. Данный способ позволяет оперативно доставлять груз за относительно невысокую стоимость [10]. Также в силу развитости в отдаленных регионах как автомобильной дороги, так и ж/д путей возможно использование и ж/д транспорта, рейтинг которого ненамного меньше, чем у автомобильного. Рейтинг трубопроводного транспорта на третьем месте ввиду развитости данного способа только в некоторых регионах. Наименьший рейтинг у водного транспорта, ввиду больших затрат времени на доставку и сезонности использования из-за суровых погодных условий.

**Список источников**

1. Бобожинов Э.И., Кожухова Н.М. Транспортировка нефти и газа с арктического шельфа // Актуальные научные исследования: сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. Пенза: ООО «Наука и Просвещение», 2021. С. 28–30. EDN VAZRHO.

2. Казанин А.Г. Анализ стратегических приоритетов развития нефтегазовой отрасли в Ямало-Ненецком автономном округе // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 3. № 8 (104). С. 35–44. DOI: 10.34684/ek.up.p.r.2020.08.03.005. EDN GHAXFO.

3. Matveev A., Bogdanova E. Functional model of an intelligent decision support system for responding to transport emergencies in the Arctic zone // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 57. P. 363–369. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.062. EDN JBZHID.

4. Занин А.В., Квасов И.Н. Возможные способы транспортировки углеводородов с территории арктического шельфа // Нефтегазовое дело, техносферная безопасность, рациональное природопользование: современные реалии: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Махачкала: Типография ФОРМАТ, 2020. С. 40–42. EDN NQRDAM.

5. Гимаева А.Р., Хасанов И.И., Шобик Н.А. К вопросу выбора схемы транспортировки углеводородов, добываемых с шельфа арктических морей // Нефтегазовое дело. 2018. Т. 16. № 3. С. 62–69. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-3-62-69. EDN XQZNXV.

6. Marchenko R., Babyr A. Digitalization of Arctic Logistics Management Systems for Oil Transportation // Transportation Research Procedia. Novosibirsk, 2021. P. 953–960. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.150. EDN IYUYG.

7. Серова Н.А., Серова В.А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития // Проблемы прогнозирования. 2021. № 2 (185). С. 142–151. DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151. EDN JGZPVW.

8. Bianco I. Ilin I., Iliinsky A. Digital technology risk reduction mechanisms to enhance ecological and human safety in the northern sea route for oil and gas companies // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125806047. EDN IBBZAT.

9. Саати Т.М. Принятие решений. Метод анализа иерархий: учеб. / пер. с англ. Р.Г. Вачназде. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.

10. Ensuring the Safety of Maritime Transportation of Energy Resources in Difficult Regions of the Arctic / N.P. Veretennikov [et al.] // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies: proceedings of the 2018 International Conference. Saint-Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 274–276. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8525062. EDN OHNEVW.

## References

1. Bobozhonov E.I., Kozhuhova N.M. Transportirovka nefti i gaza s arkticheskogo shel'fa // Aktual'nye nauchnye issledovaniya: sb. statej Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Penza: ООО «Nauka i Prosveshchenie», 2021. S. 28–30. EDN VAZR XO.

2. Kazanin A.G. Analiz strategicheskikh prioritetov razvitiya neftegazovoj otrasli v Yamalo-Nenecom avtonomnom okruge // Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya. 2020. Т. 3. № 8 (104). S. 35–44. DOI: 10.34684/ek.up.p.r.2020.08.03.005. EDN GHAXFO.

3. Matveev A., Bogdanova E. Functional model of an intelligent decision support system for responding to transport emergencies in the Arctic zone // Transportation Research Procedia. 2021. Vol. 57. P. 363–369. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.09.062. EDN JBZHID.

4. Zanin A.V., Kvasov I.N. Vozmozhnye sposoby transportirovki uglevodorodov s territorii arkticheskogo shel'fa // Neftegazovoe delo, tekhnosfernaya bezopasnost', racional'noe prirodo-pol'zovanie: sovremennye realii: sb. materialov Vseros. nauch.-prakt. konf. Mahachkala: Tipografiya FORMAT, 2020. S. 40–42. EDN NQRDAM.

5. Gimaeva A.R., Hasanov I.I., Shobik N.A. K voprosu vybora skhemy transportirovki uglevodorodov, dobyvaemyh s shel'fa arkticheskikh morej // Neftegazovoe delo. 2018. Т. 16. № 3. S. 62–69. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-3-62-69. EDN XQZNXV.

6. Marchenko R., Babyr A. Digitalization of Arctic Logistics Management Systems for Oil Transportation // Transportation Research Procedia. Novosibirsk, 2021. P. 953–960. DOI: 10.1016/j.trpro.2021.02.150. EDN IYUYG.

7. Serova N.A., Serova V.A. Transportnaya infrastruktura rossijskoj Arktiki: specifiika funkcionirovaniya i perspektivy razvitiya // Problemy prognozirovaniya. 2021. № 2 (185). S. 142–151. DOI: 10.47711/0868-6351-185-142-151. EDN JGZPVW.

8. Bianco I. Ilin I., Iliinsky A. Digital technology risk reduction mechanisms to enhance ecological and human safety in the northern sea route for oil and gas companies // E3S Web of Conferences. Chelyabinsk, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125806047. EDN IBBZAT.

9. Saati T.M. Prinyatie reshenij. Metod analiza ierarhij: ucheb. / per. s angl. R.G. Vachnazde. M.: Radio i svyaz', 1993. 278 s.

10. Ensuring the Safety of Maritime Transportation of Energy Resources in Difficult Regions of the Arctic / N.P. Veretennikov [et al.] // Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies: proceedings of the 2018 International Conference. Saint-Petersburg: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. P. 274–276. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8525062. EDN OHNEVW.

**Информация о статье:**

Поступила в редакцию: 15.01.2023

Принята к публикации: 09.02.2023

**The information about article:**

Article was received by the editorial office: 15.01.2023

Accepted for publication: 09.02.2023

*Информация об авторах:*

**Скрыпникова Оксана Ивановна**, адъюнкт факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: skrypnikova.oxana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2656-4907>

*Information about the authors:*

**Oksana Skrypnikova**, graduate student of the faculty of training highly qualified personnel of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), e-mail: skrypnikova.oxana@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2656-4907>