



УДК 656.1

Многокритериальный подход к отбору вариантов создания сети железных дорог

Н. А. Медведева, В. С. Шварцфельд

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: *Медведева Н. А., Шварцфельд В. С.* Многокритериальный подход к отбору вариантов создания сети железных дорог // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 2. С. 398–408. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-398-408

Аннотация

Цель: в статье приводится многовариантный подход к отбору вариантов начертания полигона сети на территории малоосвоенного района. **Методы:** при освоении месторождений природных ресурсов необходимо качественно проводить комплексную оценку устойчивости развития соответствующего региона и разрабатывать стратегии его развития. Малоосвоенный район можно отнести к проблемным регионам, к которым относятся слаборазвитые или депрессивные районы. Под малоосвоенными районами (регионами) авторы понимают территории большой площади, на которой проживает малочисленное население, слабо развито или полностью отсутствует железнодорожная сеть путей сообщения, с одной стороны, а с другой — имеются богатейшие запасы месторождений природных ресурсов, которые не могут быть в полной мере задействованы. Обоснование создания топологии сети железных дорог в таких районах является сложной задачей. В статье раскрыты основные теоретические положения ее решения. **Результаты:** для оценки перспективного развития сети железных дорог в таких районах с учетом ее социально-экономического развития предложен многокритериальный подход. Изложены основные положения методики формирования вариантов создания сети железных дорог с использованием теории графов и их последовательной многокритериальной оценкой. **Практическая значимость:** приводится конкретный пример расчета, показывающий работоспособность предложенной методики, позволяющей обоснованно принимать решения по отбору вариантов создания топологии сети железных дорог в малоосвоенном районе.

Ключевые слова: железные дороги, топология сети железных дорог, пути сообщения, проблемные регионы, малоосвоенный район, слаборазвитый район, теория графов, депрессивный район, многокритериальная задача, обоснование создания сети железных дорог.

Введение

Вопросы, связанные с созданием и развитием сети железных дорог в малоосвоенных районах страны, поднимались неоднократно [1–4].

На взгляд авторов, одним из первоочередных и приоритетных направлений является продолжение исследований в области обоснования строительства новых железных дорог в малоосвоенных районах России

для создания опорной транспортной сети с целью освоения природных ресурсов, создания благоприятных условий для размещения новых добывающих и перерабатывающих предприятий, увеличения плотности населения.

Вопросы создания опорной сети железных дорог тесно связаны с перспективным планированием социально-экономического развития регионов в Российской Федерации.

Цель

В данной статье вопросы, связанные с обоснованием создания топологии сети железных дорог, рассматриваются применительно к регионам, имеющим определен-

ные проблемы социально-экономического характера. В работе [5] рассматриваются проблемные регионы (рис. 1), к которым, безусловно, можно отнести и малоосвоенные районы.

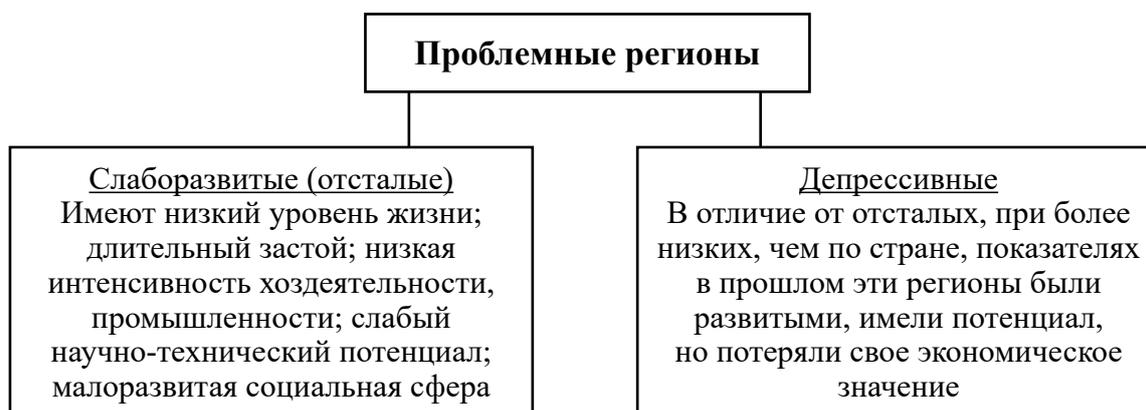


Рис. 1. Схема для относительного описания регионов

В контексте изучаемой темы малоосвоенные регионы — это регионы с большой территорией, малочисленным населением, слабым развитием или полным отсутствием железнодорожной сети путей сообщения, богатейшими запасами месторождений природных ресурсов. Данные регионы из-за слаборазвитой добывающей и перерабатывающей промышленности являются депрессивными с точки зрения устойчивого развития и роста валового регионального продукта. В малоосвоенных регионах (арктическая зона, Сибирь, Прибайкалье и Дальний Восток) имеется огромный потенциал социально-экономического развития, который может быть поэтапно реализован только благодаря созданию обоснованной сети путей сообщения и в первую очередь железных дорог. Создание методики обоснования создания сети железных дорог в малоосвоенных районах является основной целью авторов данной статьи.

Исходные данные и методы расчета

В данной статье авторы продолжают исследования, предложенные в работах [6–8]. Решением задачи, связанной с выбором варианта трассы отдельной железнодорожной линии, занимались различные ученые. Одни из последних исследований отражены, например, в работах [9–13].

Для решения задачи обоснования создания сети железных дорог необходимо иметь следующие исходные данные: граф потенциальной сети железных дорог, состоящий из узлов (опорные пункты) и звеньев между узлами. Звенья представляют собой отдельные трассы железнодорожных линий, состоящих из перегонов с размещенными на них отдельными пунктами. Звенья имеют реальные длины, количество малых искусственных сооружений, суммарную длину средних и больших мостов и т. п. показатели. Одни из узлов потенциальной сети железных дорог является станцией примыкания сети

к существующей магистральной железной дороге. В данной работе рассматриваются два варианта расчетной схемы топологии сети: без дополнительного узла (рис. 2, а) и с дополнительным узлом (рис. 2, б). Дополнительный узел может быть полезен для улучшения и разнообразия начертания пер-

спективной сети. Вариант с двумя станциями примыкания, как рассматривалось авторами в [6], в этой работе не предусматривается. У каждого звена графа, в свою очередь, может быть несколько вариантов начертания.

Варианты трасс и их показатели представлены в табл. 1.

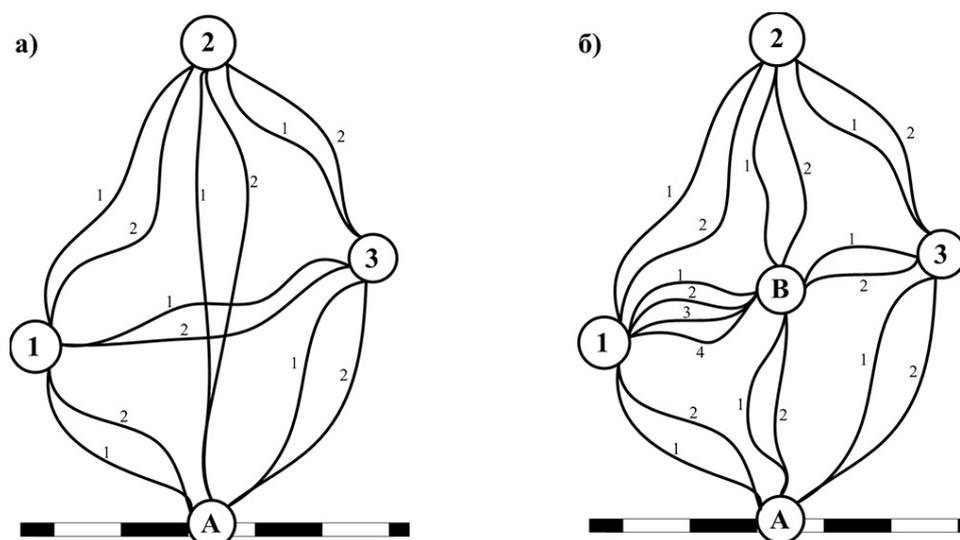


Рис. 2. Варианты расчетных схем

ТАБЛИЦА 1. Трассы и варианты

Линия ж/д, i	Вариант трассы, j	Параметры (показатели) p			
		d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га
А-1	1	100,07	47	547,55	538,95
	2	101,13	43	642,67	543
А-2	1	196,75	137,00	2139,21	1993,02
	2	192,66	129,00	2060,92	1922,44
А-3	1	104,56	85	2086,46	616,2
	2	101,26	85	2042,15	602,8
1-2	1	103,7	86	980	1037,02
	2	103,74	81	1090	1037,42
1-3	1	185,709	141	2374,47	1878,15
	2	183,542	138,5	2380,58	1846,38
2-3	1	99,24	36	891	704,65
	2	102,83	37	985	999,48

Окончание ТАБЛИЦЫ 1

Линия ж/д, i	Вариант трассы, j	Параметры (показатели) p			
		d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га
1-В	1	98	50	1786,2	981,32
	2	95,5	54	1593,4	964,76
	3	97,7	44	2059,1	977,98
	4	95,2	48	1866,3	961,54
В-3	1	86,175	88	520,39	884,84
	2	87,709	91	588,27	900,17
2-В	1	95,71	70	1203,44	993,94
	2	97,25	102	1368,98	998,16
В-А	1	99,5	35	770,23	994,86
	2	92,86	51	779,18	928,5

На первом этапе среди вариантов топологии сети железных дорог выбираются наилучшие по критериям, определяемым по формулам (1) и (2). Данные критерии представляют собой нормализованные значения каждого из представленных в табл. 1 показателей.

Нормализованные значения при минимизации частных показателей определяются по формуле:

$$r_{jp} = \frac{d_{jp} - d_p^{\min}}{d_p^{\max} - d_p^{\min}}, \quad (1)$$

где d_{jp} — показатель соответствующего варианта топологии сети железных дорог; d_p^{\min} , d_p^{\max} — соответственно минимальное и максимальное значение соответствующего показателя из рассматриваемых вариантов топологии.

Нормализованные значения при максимизации частных показателей определяются по формуле:

$$r_{jp} = \frac{d_p^{\max} - d_{ip}}{d_p^{\max} - d_p^{\min}}. \quad (2)$$

В качестве показателей (частных критериев) в данном случае выбраны:

1. Длина трассы (суммарная длина трасс по рассматриваемой сети), d_1 , км;
2. Количество малых водопропускных сооружений (сумма по сети), d_2 , штук;
3. Протяженность средних и больших мостов, d_3 , м;
4. Площадь земли отвода, d_4 , га.

Минимизации подлежат все четыре показателя и, следовательно, расчеты производятся по формуле (1).

За критерий отбора в данной работе принимается обобщенный нормализованный критерий F_j , определяемый как сумма нормализованных частных показателей с учетом коэффициента важности (полезности) λ_j каждого из них. Коэффициенты λ_j приняты на основе экспертной оценки и имеют следующие значения: $\lambda_1 = 0,4$; $\lambda_2 = 0,15$; $\lambda_3 = 0,2$; $\lambda_4 = 0,25$.

После соответствующих расчетов итоговые результаты сведены в табл. 2.

Схема сети железных дорог будет иметь вид, представленный на рис. 3 (показаны варианты начертания без оценки звеньев сети).

ТАБЛИЦА 2. Выбор начертания трасс железнодорожных линий между узлами сети железных дорог

Линия ж/д, i	Вариант трассы, j	Параметры				Сумма $F_j = \sum \lambda_i \cdot r_{ip}$
		d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га	
А-1	1	0	1	0	0	0,15
	2	1	0	1	1	0,85
А-2	1	1	1	1	1	1,00
	2	0	0	0	0	0,00
А-3	1	1	0	1	1	0,85
	2	0	0	0	0	0,00
1-2	1	0	1	0	0	0,15
	2	1	0	1	1	0,85
1-3	1	1	1	0	1	0,80
	2	0	0	1	0	0,20
2-3	1	0	0	0	0	0,00
	2	1	1	1	1	1,00
1-В	1	1,0	0,6	0,4	1	0,82
	2	0,1	1	0,0	0,2	0,23
	3	0,9	0	1,0	0,8	0,75
	4	0,0	0,4	0,6	0	0,18
В-3	1	0	0	0	0	0,00
	2	1	1	1	1	1,00
2-В	1	0	0	0	0	0,00
	2	1	1	1	1	1,00
В-А	1	1	0	0	1	0,65
	2	0	1	1	0	0,35

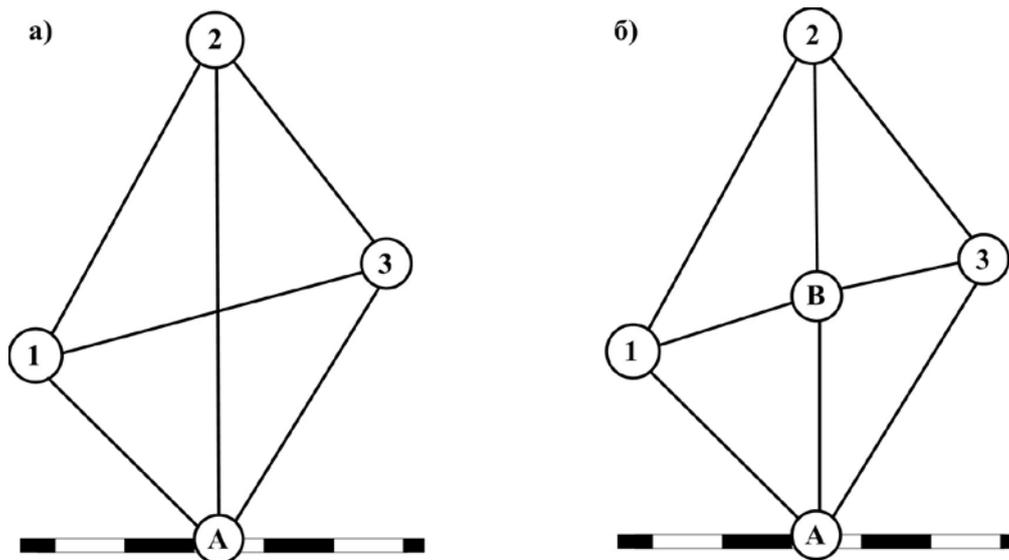


Рис. 3. Варианты расчетных схем перспективной топологии сети железных дорог

Следующим шагом (этапом) будет перебор возможных начертаний сети. Критерием отбора принят показатель — суммарная длина сети железных дорог. Отбор предлагается производить методом Прима по минимуму

протяженности сети. Результаты отбора вариантов топологии приведены в табл. 3.

Для дальнейшего расчета приняты схемы формирования опорной сети железных дорог, изображенные на рис. 4.

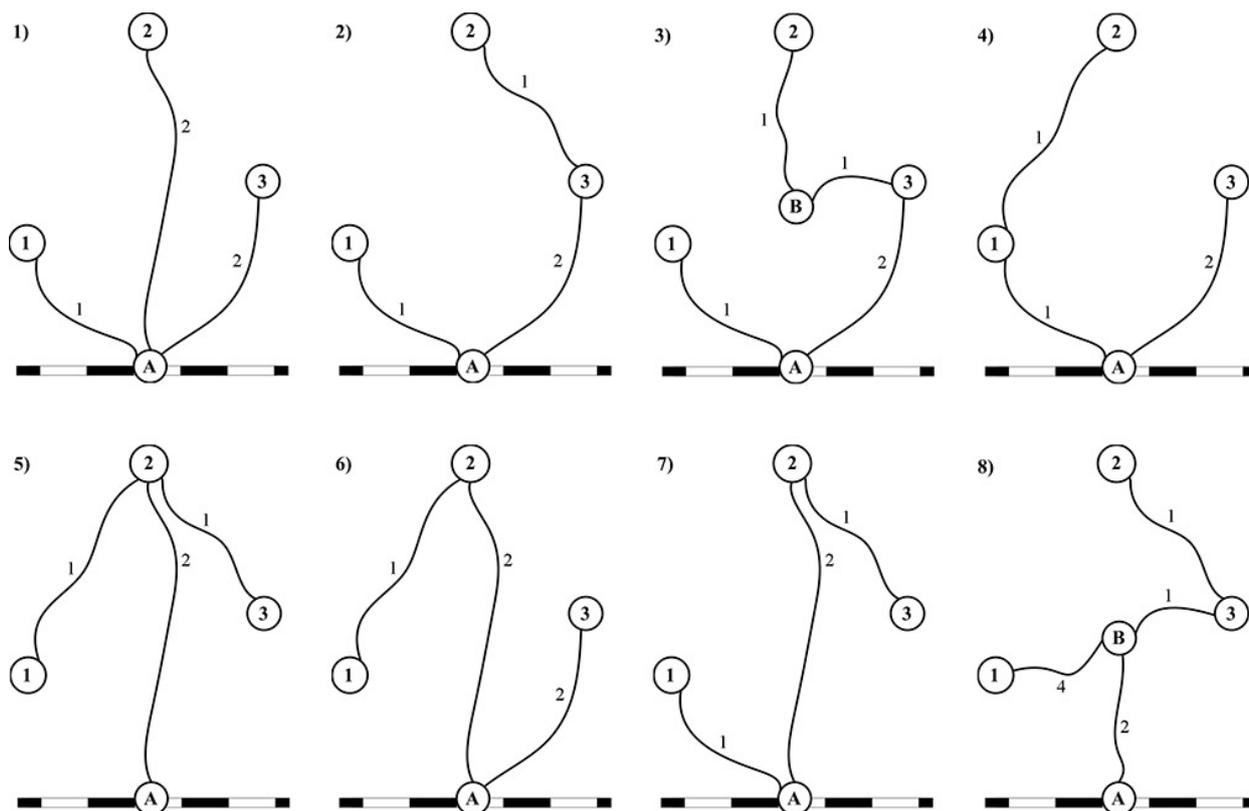


Рис. 4. Схемы сетей для сравнения

ТАБЛИЦА 3. Схемы сетей железных дорог для сравнения

Варианты сети, <i>j</i>	Трассы в сети, <i>i</i>	Параметры (показатели), <i>p</i>			
		<i>d</i> ₁ , км	<i>d</i> ₂ , шт.	<i>d</i> ₃ , м	<i>d</i> _φ , га
1	1-A	100,07	47	547,55	538,95
	2-A	192,66	129	2060,915	1922,44
	3-A	101,26	85	2042,15	602,8
Сумма по параметрам $\sum d_{1p}$		393,99	261	4650,615	3064,19
2	1-A	100,07	47	547,55	538,95
	3-A	101,26	85	2042,15	602,8
	2-3	99,24	36	891	704,65
Сумма по параметрам $\sum d_{2p}$		300,57	168	3480,7	1846,4

Окончание ТАБЛИЦЫ 3

Варианты сети, j	Трассы в сети, i	Параметры (показатели), p			
		d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га
3	1-A	100,07	47	547,55	538,95
	3-A	101,26	85	2042,15	602,8
	3-B	86,175	88	520,39	884,84
	2-B	95,71	70	1203,44	993,94
Сумма по параметрам $\sum d_{3p}$		383,215	290	4313,53	3020,53
4	1-A	100,07	47	547,55	538,95
	1-2	103,7	86	980	1037,02
	3-A	101,26	85	2042,15	602,8
Сумма по параметрам $\sum d_{4p}$		305,03	218	3569,7	2178,77
5	1-2	103,7	86	980	1037,02
	2-3	99,24	36	891	704,65
	2-A	192,66	129	2060,915	1922,44
Сумма по параметрам $\sum d_{5p}$		395,6	251	3931,915	3664,11
6	1-2	103,7	86	980	1037,02
	2-A	192,66	129	2060,915	1922,44
	3-A	101,26	85	2042,15	602,8
Сумма по параметрам $\sum d_{6p}$		397,62	300	5083,065	3562,26
7	1-A	100,07	47	547,55	538,95
	2-A	192,66	129	2060,915	1922,44
	2-3	99,24	36	891	704,65
Сумма по параметрам $\sum d_{7p}$		391,97	212	3499,465	3166,04
8	A-B	92,86	51	779,18	928,5
	1-B	95,2	48	1866,3	961,54
	3-B	86,175	88	520,39	884,84
	2-3	99,24	36	891	704,65
Сумма по параметрам $\sum d_{8p}$		373,475	223	4056,87	3479,53

По формулам (1) и (2) аналогично предыдущему этапу определяются наилучшие варианты по каждому показателю и рассчитывается нормализованный критерий для каждого варианта сети (табл. 4).

ТАБЛИЦА 4. Результаты расчета

Варианты сети, j	Суммы из табл. 3				Нормализованные параметры сумм из табл. 3				$F_j = \sum \lambda_i \cdot r_{jp}$
	Параметры, p				Параметры, p				
	d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га	r_1	r_2	r_3	r_4	
1	393,99	261	4650,615	0,67	0,39	0,11	0,13	0,17	0,80
2	300,57	168	3480,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0

Окончание ТАБЛИЦЫ 4

Варианты сети, j	Суммы из табл. 3				Нормализованные параметры сумм из табл. 3				$F_j = \sum \lambda_i \cdot r_{jp}$
	Параметры, p				Параметры, p				
	d_1 , км	d_2 , шт.	d_3 , м	d_4 , га	r_1	r_2	r_3	r_4	
3	383,215	290	4313,53	0,65	0,34	0,14	0,09	0,16	0,74
4	305,03	218	3569,7	0,18	0,02	0,06	0,01	0,05	0,13
5	395,6	251	3931,915	1,00	0,39	0,09	0,05	0,25	0,79
6	397,62	300	5083,065	0,94	0,40	0,15	0,17	0,24	0,99
7	391,97	212	3499,465	0,73	0,38	0,05	0,00	0,18	0,61
8	373,475	223	4056,87	0,90	0,30	0,06	0,06	0,22	0,66

Результаты

В соответствии с проведенными расчетами (табл. 4) можно сделать вывод, что наилучшим начертанием сети будет являться вариант № 2, так как нормализованный критерий $F_j = 0$. На рис. 5 иллюстрируется топология сети железных дорог,

соответствующая этому варианту. Близким к наилучшему является вариант сети № 4, который также может быть использован для дальнейшего рассмотрения. Наихудшим из представленных вариантов является вариант № 6: включает в себя наибольшие показатели параметров для расчета.

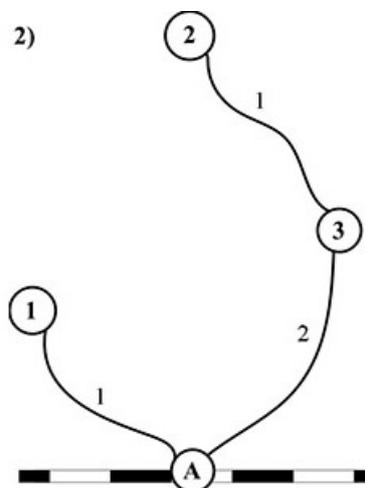


Рис. 5. Итоговая сеть

Предложенный многокритериальный подход для предварительного отбора альтернативных вариантов создания топологии сети железных дорог в малоосвоенных районах будет являться основой создаваемой авторами методики обоснования формирования опорной транспортной сети.

Библиографический список

1. Кибалов Е. Б. Проблема транспортного освоения Сибири: железнодорожные проекты XXI века // Транспорт Российской Федерации. 2006. № 4. С. 10–13.
2. Ткаченко В. Я., Малов В. Ю. Северо-Российский транспортный коридор — приоритетный

объект развития опорной транспортной сети страны // Транспортное строительство. 2007. № 4. С. 4–7.

3. Копыленко В. А., Быков Ю. А., Круглов В. М. и др. Северные и восточные районы России — важнейший полигон расширения сети железных дорог страны в XXI веке // Транспортное строительство. 2008. № 4. С. 2–4.

4. Шварцфельд В. С., Едигарян А. Р., Баранова В. В. Перспективы развития железных дорог Южной Якутии // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2019. № 7. С. 6–16.

5. Кривко С. Р. Типы проблемных регионов РФ и предпосылки их существования // Теория и практика общественного развития. 2012. № 11. С. 317–322.

6. Медведева Н. А., Шварцфельд В. С. Формирование и отбор вариантов топологии сети железных дорог в малоосвоенных регионах // Известия Транссиба. 2023. № 3 (55). С. 66–73.

7. Медведева Н. А., Шварцфельд В. С. Обоснование создания топологии сети железных дорог в малоосвоенных районах / Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Санкт-Петербург, 17–24 апреля 2023 года // СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. 2023. Т. 1. С. 357–362. EDN PDTKOH.

8. Шварцфельд В. С., Медведева Н. А. Модель развития сети железных дорог в малоосвоенных районах / IV Бетанкуровский международный инженерный форум: электронный сборник трудов, Санкт-Петербург, 30 ноября — 2 декабря 2022 года // СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, 2022. С. 402–404. EDN VJXLOT.

9. Подвербный В. А., Казарина В. В. Многокритериальный выбор направления проектируемой железной дороги // Транспортное строительство. 2019. № 3. С. 2–5. EDN HCYQSH.

10. Казарина В. В., Подвербный В. А. Принятие решения по выбору варианта трассы железнодорожной линии // Мир транспорта. 2019. Т. 17, № 3 (82). С. 140–151. DOI 10.30932/1992–3252-2019-17-3-140-151. EDN NQLQXP.

11. Перельгина А. А., Подвербный В. А. Пример принятия решения в области проектирования железных дорог // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2018. Т. 1. С. 606–611. EDN XSHYZF.

12. Быков Ю. А., Фадеева В. А., Кожевников В. В. Многофакторный анализ конкурентоспособности вариантов направления проектируемых железных дорог // Проектирование развития региональной сети железных дорог. 2019. № 7. С. 154–161. EDN ZUCPBA.

13. Быков Ю. А., Сидраков А. А., Фадеева В. А. Формирование множества вариантов направления проектируемых железных дорог и оценка их конкурентоспособности // Качество. Инновации. Образование. 2020. № 1 (165). С. 44–49. DOI 10.31145/1999-513x-2020-1-44-49. EDN YSCVTY.

Дата поступления: 05.05.2024

Решение о публикации: 28.05.2024

Контактная информация:

МЕДВЕДЕВА Наталия Алексеевна — аспирант кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», +7 (931) 970-89-04; natali171297@mail.ru
ШВАРЦФЕЛЬД Вячеслав Семенович — док. техн. наук, профессор, профессор кафедры «Изыскания и проектирование железных дорог», +7 (914) 541-53-20; v_s_s_@mail.ru

A multi-criteria approach to the selection of options for creating a railway network

N. A. Medvedeva, V. S. Shvartcfeld

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Medvedeva N. A., Shvartcfeld V. S. A multi-criteria approach to the selection of options for creating a railway network // *Proceedings of Petersburg Transport University*. 2024. Vol. 21, iss. 2. P. 390–408. (In Russian). DOI: 10.20295/1815-588X-2024-02-398-408

Abstract

The article provides a multivariate approach to the selection of options for the outline of a network polygon in a poorly developed area. When developing deposits of natural resources, it is necessary to qualitatively carry out a comprehensive assessment of the sustainability of the development of the relevant region and develop strategies for its development. An underdeveloped area can be classified as a problem region, which includes underdeveloped or depressed areas. By underdeveloped areas (regions), the authors understand the territories of a large area inhabited by a small population, poorly developed or completely absent railway network of communication routes on the one hand, and on the other, there are rich reserves of deposits of natural resources that cannot be fully exploited. To assess the prospective development of the railway network in such areas, taking into account its socio-economic development, it is proposed to use a multi-criteria approach. The main provisions of the methodology for the formation of options for creating a railway network using graph theory and their consistent multi-criteria evaluation are presented. A specific calculation example is given, showing the efficiency of the proposed methodology.

Keywords: railways, topology of the railway network, communication routes, problem regions, underdeveloped area, underdeveloped area, graph theory, depressed area, multi-criteria task, justification for the creation of a railway network.

References

1. Kibalov E. B. Problema transportnogo osvoeniya Sibiri: zheleznodorozhnye proekty XXI veka // *Transport Rossijskoj Federacii*. 2006. № 4. S. 10–13. (In Russian)
2. Tkachenko V. Ya., Malov V. Yu. Severo-Rossijskij transportnyj koridor — prioritetnyj ob’ekt razvitiya opornoj transportnoj seti strany // *Transportnoe stroitel’stvo*. 2007. № 4. S. 4–7. (In Russian)
3. Kopylenko V. A., Bykov Yu. A., Kruglov V. M. i dr. Severnye i vostochnye rajony Rossii — vazhnejšij poligon rasshireniya seti zheleznih dorog strany v XXI veke // *Transportnoe stroitel’stvo*. 2008. № 4. S. 2–4. (In Russian)
4. Shvartcfel’d V. S., Edigaryan A. R., Baranova V. V. Perspektivy razvitiya zheleznih dorog Yuzhnoj Yakutii // *Proektirovanie razvitiya regional’noj seti zheleznih dorog*. 2019. № 7. S. 6–16. (In Russian)
5. Krivko S. R. Tipy problemnyh regionov RF i predposylki ih sushchestvovaniya // *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya*. 2012. № 11. S. 317–322. (In Russian)
6. Medvedeva N. A., Shvartcfel’d V. S. Formirovanie i otbor variantov topologii seti zheleznih dorog v maloosvoennyh regionah // *Izvestiya Transsiba*. 2023. № 3 (55). S. 66–73. (In Russian)
7. Medvedeva N. A., Shvartcfel’d V. S. Obosnovanie sozdaniya topologii seti zheleznih dorog v maloosvoennyh rajonah / *Transport: problemy, idei, perspektivy: sbornik trudov LXXXIII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, Sankt-Peterburg, 17–24 aprelya 2023 goda* // SPb: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I. 2023. T. 1. S. 357–362. EDN PDTKOH. (In Russian)

8. Shvarcfel'd V. S., Medvedeva N. A. Model' razvitiya seti zheleznyh dorog v maloosvoennyh rajonah / IV Be-tankurovskij mezhdunarodnyj inzhenernyj forum: elektronnyj sbornik trudov, Sankt-Peterburg, 30 noyabrya — 2 dekabrya 2022 goda // SPb.: Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya Imperatora Aleksandra I, 2022. S. 402–404. EDN VJXLOT. (In Russian)
9. Podverbnyj V. A., Kazarina V. V. Mnogokriterial'nyj vybor napravleniya proektiruemoj zheleznoj dorogi // Transportnoe stroitel'stvo. 2019. № 3. S. 2–5. EDN HCYQSH. (In Russian)
10. Kazarina V. V., Podverbnyj V. A. Prinyatie resheniya po vyboru varianta trassy zheleznodorozhnoj linii // Mir transporta. 2019. T. 17, № 3 (82). S. 140–151. DOI 10.30932/1992–3252-2019-17-3-140-151. EDN NQLQXP. (In Russian)
11. Pereygina A. A., Podverbnyj V. A. Primer priyatiya resheniya v oblasti proektirovaniya zheleznyh dorog // Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona. 2018. T. 1. S. 606–611. EDN XSHYZF. (In Russian)
12. Bykov Yu. A., Fadeeva V. A., Kozhevnikov V. V. Mnogofaktornyj analiz konkurentosposobnosti variantov napravleniya proektiruemyh zheleznyh dorog // Proektirovanie razvitiya regional'noj seti zheleznyh dorog. 2019. № 7. S. 154–161. EDN ZUCPBA. (In Russian)
13. Bykov Yu. A., Sidrakov A. A., Fadeeva V. A. Formirovanie mnozhestva variantov napravleniya proektiruemyh zheleznyh dorog i ocenka ih konkurentosposobnosti // Kachestvo. Innovacii. Obrazovanie. 2020. № 1 (165). S. 44–49. DOI 10.31145/1999-513x-2020-1-44-49. EDN YSCVTY. (In Russian)

Received: 05.05.2024

Accepted: 28.05.2024

Author's information:

Natalia A. MEDVEDEVA — postgraduate student of the Department of Research and Design of Railways, +7 (931) 970-89-04; natali171297@mail.ru

Vyacheslav S. SCHWARZFELD — PhD in Engineering, Professor of the Department of Research and Design of Railway, +7 (914) 541-53-20; v_s_s_@mail.ru