

Е. Е. Мизгирева, О. Н. Числов

МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В ОЦЕНКЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ УЗЛОВЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Аннотация. Представлен авторский подход к выбору и оценке классификационных признаков узловых транспортных организационно-технических систем (УТОТС) на основе предложенного понятийного аппарата. Классификация строится на пяти ключевых признаках, отражающих динамические и синергетические свойства УТОТС: стадия жизненного цикла, тип динамики развития, способность к самоорганизации, тип аттрактора, фазовое состояние. Для определения весовой значимости классификационных признаков применен метод анализа иерархий (МАИ) Т. Саати, позволяющий математически обосновать их вклад в интегральную оценку. Отношение согласованности ($OC = 0,017$) подтверждает непротиворечивость экспертных суждений. Разработана иерархическая система частных индикаторов (23 показателя), обеспечивающая объективность оценивания. На основе предложенной методологии проведена квантификация пятидесяти УТОТС, получены их интегральные индексы развития, выполнено ранжирование и сравнительный анализ для целей стратегического планирования развития транспортной инфраструктуры и принятия управленческих решений.

Ключевые слова: узловая транспортная организационно-техническая система (УТОТС), классификация, метод анализа иерархий (МАИ), квантификация, синергетика, транспортное планирование, многокритериальная оценка.

Для цитирования: Мизгирева, Е. Е. Метод анализа иерархий в оценке классификационных признаков узловых транспортных организационно-технических систем / Е. Е. Мизгирева, О. Н. Числов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 156–164. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_156.

Введение

Современное развитие транспортной системы Российской Федерации сопровождается усложнением структуры транспортных объектов, развитием и усилением взаимосвязей между видами транспорта и возрастанием роли регионального планирования [1]. В этих условиях возникает потребность в адекватных инструментах анализа и классификации узловых объектов, учитывающих не только их технические параметры, но и динамические характеристики, способность к самоорганизации, включая их роль в региональной сети.

В работе [2] было рассмотрено понятие «узловая транспортная организационно-техническая система» (УТОТС), определены критерии ее идентификации и обоснована необходимость перехода от рассмотрения отдельных транспортных узлов к анализу их сетевых взаимодействий. Однако для практического применения данного понятия требуется развитие классификационного аппарата, позволяющего проводить сравнительный анализ различных УТОТС.

Традиционные классификации транспортных узлов [3, 4] строятся преимущественно на функциональных или инфраструктурных признаках и не учитывают динамические и синергетические характеристики. Кроме того, они носят разноразмерный качественный характер, что затрудняет их использование в математических моделях и при принятии управленческих решений.

Цель настоящей статьи – разработать многомерную классификацию УТОТС, основанную на количественной оценке их динамических и синергетических характеристик с применением метода анализа иерархий (МАИ) Т. Саати.

Последовательность исследования:

- 1 Обосновать систему классификационных признаков, отражающих различные аспекты функционирования и развития УТОТС.
- 2 Разработать методику квантификации качественных признаков УТОТС с применением МАИ.
- 3 Определить весовые коэффициенты значимости признаков и провести проверку согласованности экспертных суждений.
- 4 Апробировать разработанную методику на выборке параметров, существующих УТОТС.
- 5 Выполнить сравнительный анализ результатов и выявить закономерности распределения классификационных признаков узлов согласно уровням развития.

Основная часть

1 Теоретико-методологические основы исследования

Под узловой транспортной организационно-технической системой (УТОТС) понимается целостное образование, включающее совокупность взаимодействующих объектов транспортной инфраструктуры, объединенных единым технологическим процессом обработки грузов и пассажиров, а также организационно-управленческие механизмы, обеспечивающие координацию участников транспортного производства и согласованное развитие элементов узловой системы [2].

Необходимость выбора и оценки классификационных признаков УТОТС обусловлена следующими факторами:

- многообразием типов узловых объектов (морские хабы и порты, континентальные железнодорожные и транспортные узлы, авиационные и контейнерные хабы, пограничные комплексы и переходы, промышленные узлы, транспортно-пересадочные узлы и др.), требующим единой системы сравнения;
- потребностью в количественных оценках для ранжирования и отбора качественных приоритетов для объектов инвестирования;
- необходимостью учета динамических характеристик (развитие во времени, адаптивность, устойчивость) при стратегическом планировании;
- возможностью применения синергетического подхода к анализу сетей УТОТС [5], что требует формализации параметров порядка.

Метод анализа иерархий (МАИ) предложен Т. Саати еще в 1970-х гг. [6, 7]. Сегодня это один из самых распространенных подходов к многокритериальному принятию решений, и его используют в транспортном планировании, логистике, при управлении инфраструктурными проектами [8, 9]. Для данной задачи МАИ удобен по нескольким причинам: он допускает смешанные данные – количественные и качественные; парные сравнения не перегружают экспертов; имеется встроенная проверка согласованности суждений; на выходе получаются численные веса критериев [10].

В транспортных исследованиях МАИ используется давно и по разным поводам – от выбора маршрутов и видов транспорта [11] до оценки крупных инфраструктурных проектов [12] и выработки национальных транспортных стратегий [13]. Показательный пример – это планирование транспортной системы Республики Судан, где МАИ использован для ранжирования альтернативных сценариев [14].

С позиций синергетики транспортная система – это сложная динамическая система с собственной способностью к самоорганизации и коэволюции подсистем [5]. Переходя к УТОТС, это означает, что их развитие не сводится к одним директивным воздействиям, а здесь действуют также и внутренние механизмы самоорганизации.

В ряде работ [15] отмечается, что транспортные узлы – это элементы сети, а их взаимодействие порождает синергетические эффекты. Для описания такого рода систем вводят параметры порядка, аттракторы (устойчивое подмножество состояний в фазовом пространстве системы, описывающее её конечное поведение), фазовые переходы, а значит, нужен соответствующий понятийный и инструментальный аппарат. Предлагаемая методика выбора и оценки классификационных признаков УТОТС, включающая синергетические принципы, создает основания для перехода от статистического анализа к моделированию макрорегионального коэволюционного развития.

2 Система классификационных признаков УОТС

Выделены пять признаков, которые отражают динамику узловых транспортных организационно-технических систем и их системную целостность. Отбор признаков выполнен на основе обобщения подходов согласно [3, 4] и с учетом синергетической теории развития сложных систем [5].

Стадия жизненного цикла (СЖЦ) – показатель того, на каком этапе развития находится УТОТС: от возникновения до перехода в стагнацию. Различают стадии: формирующуюся, активного развития, стабильного функционирования, стабильную с рисками и стагнирующую.

Тип динамики развития (ТДР) – качественная характеристика изменений. Выделяют экстенсивный тип (рост за счет расширения мощностей), интенсивный (рост за счет повышения эффективности), смешанный и регрессивный (спад объемов, деградация инфраструктуры).

Способность к самоорганизации (ССО) – свойство УТОТС самостоятельно, без жесткого внешнего управления, формировать устойчивую структуру и правила взаимодействия между участниками перевозок. Используется пятиуровневая градация – от низкой до высокой степени самоорганизации.

Тип аттрактора узла (ТАУ) – определяет стратегическую роль узла в региональной сети: моноцентрический (доминирующий), полицентрический (равноправный), специализированный, спутниковый и формирующийся [18].

Фазовое состояние узла (ФСУ) – показывает текущую стабильность и предсказуемость поведения: устойчивая фаза, фаза упорядочения, фаза зарождения, переходная фаза, фаза хаоса/кризиса [5].

Для повышения объективности каждый признак раскрывается через систему частных индикаторов (всего их 23), структура и весовые параметры которых представлены на рис. 1.



Рис. 1. Структура иерархии признаков УТОТС

Веса частных индикаторов определены экспертным методом. Для каждого индикатора разработаны критерии оценки по 5-балльной шкале (от 1 до 5).

3 Определение весовых признаков методом анализа иерархий

Для определения относительной важности пяти классификационных признаков использован метод анализа иерархий. На основе экспертных суждений (согласованных с ведущими специалистами в области транспортного планирования) построена матрица парных сравнений A размерности 5×5 .

Таблица 1

Матрица парных сравнений признаков УТОТС

Признак	СЖД	ТДР	ССО	ТАУ	ФСУ
СЖД	1	2	3	2	1
ТДР	1/2	1	2	1	1/2
ССО	1/3	1/2	1	1/3	1/4
ТАУ	1/2	1	3	1	1
ФСУ	1	2	4	1	1

При построении матрицы использована классическая шкала относительной важности Саати [7]: 1 – равная значимость, 3 – умеренное превосходство, 5 – существенное превосходство, 7 – значительное превосходство, 9 – абсолютное превосходство; промежуточные значения (2, 4, 6, 8) – компромиссные оценки.

Обоснование экспертных оценок:

Сравнение СЖЦ и ТДР – (2): стадия жизненного цикла умеренно важнее типа динамики, так как определяет «точку на траектории» развития.

Сравнение СЖЦ и ССО – (3): стадия существенно важнее самоорганизации (узлом можно управлять и при низкой самоорганизации).

Сравнение СЖЦ и ФСУ – (1): стадия и фазовое состояние равнозначны, тесно коррелируют.

Сравнение ТДР и ССО – (2): тип динамики важнее самоорганизации.

Сравнение ТДР и ТАУ – (1): тип динамики и тип аттрактора равнозначны.

Сравнение ССО и ТАУ – (1/3): тип аттрактора существенно важнее самоорганизации.

Сравнение ССО и ФСУ – (1/4): фазовое состояние значительно важнее самоорганизации.

Сравнение ТА и ФСУ – (1): тип аттрактора и фазовое состояние равнозначны.

Расчет весов выполнен методом среднего геометрического по строкам матрицы [10].

Среднее геометрическое для каждой строки:

$$\begin{aligned}\text{Признак СЖЦ: } (1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1)^{1/5} &= 12^{1/5} = 1,644; \\ \text{Признак ТДР: } (1/2 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1/2)^{1/5} &= 0,5^{1/5} = 0,871; \\ \text{Признак ССО: } (1/3 \cdot 1/2 \cdot 1 \cdot 1/3 \cdot 1,4)^{1/5} &= 0,0139^{1/5} = 0,425; \\ \text{Признак ТАУ: } (1/2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1)^{1/5} &= 1,5^{1/5} = 1,084; \\ \text{Признак ФСУ: } (1 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1)^{1/5} &= 8^{1/5} = 1,516.\end{aligned}$$

Сумма средних геометрических: $1,644 + 0,871 + 0,425 + 1,084 + 1,516 = 5,540$.

Нормированные веса:

$$\begin{aligned}w_1(\text{СЖЦ}) &= \frac{1,644}{5,540} = 0,297, \quad w_2(\text{ТДР}) = \frac{0,871}{5,540} = 0,157, \\ w_3(\text{ССО}) &= \frac{0,425}{5,540} = 0,077, \quad w_4(\text{ТАУ}) = \frac{1,084}{5,540} = 0,196, \\ w_5(\text{ФСУ}) &= \frac{1,516}{5,540} = 0,274.\end{aligned}$$

Преимуществом МАИ является возможность проверки согласованности экспертных суждений [19]. Для этого вычисляется отношение согласованности (ОС).

Шаг 1. Умножение матрицы A на вектор весов w :

$$\begin{aligned}\text{Признак СЖЦ: } 1 \cdot 0,297 + 2 \cdot 0,157 + 3 \cdot 0,077 + 2 \cdot 0,196 + 1 \cdot 0,274 &= 1,508; \\ \text{Признак ТДР: } 1/2 \cdot 0,297 + 1 \cdot 0,157 + 2 \cdot 0,077 + 1 \cdot 0,196 + 1/2 \cdot 0,274 &= 0,793; \\ \text{Признак ССО: } 1/3 \cdot 0,297 + 1/2 \cdot 0,157 + 1 \cdot 0,077 + 1/3 \cdot 0,196 + 1/4 \cdot 0,274 &= 0,389; \\ \text{Признак ТАУ: } 1/2 \cdot 0,297 + 1 \cdot 0,157 + 3 \cdot 0,077 + 1 \cdot 0,196 + 1 \cdot 0,274 &= 1,007; \\ \text{Признак ФСУ: } 1 \cdot 0,297 + 2 \cdot 0,157 + 4 \cdot 0,077 + 1 \cdot 0,196 + 1 \cdot 0,274 &= 1,389.\end{aligned}$$

Шаг 2. Вычисление $\lambda_{\max}$:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{5} \left(\frac{1,508}{0,297} + \frac{0,793}{0,157} + \frac{0,389}{0,077} + \frac{1,007}{0,196} + \frac{1,389}{0,274} \right) = 5,077.$$

Шаг 3. Индекс согласованности (ИС):

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{5,077 - 5}{5 - 1} = 0,019.$$

Шаг 4. Отношение согласованности (ОС):

Для $n = 5$ средняя случайная согласованность (случайный индекс) составляет $\text{СС} = 1,12$ [10].

$$\text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{СС}} = \frac{0,019}{1,12} = 0,017 \text{ (1,7 \%)}.$$

Полученное значение $\text{ОС} < 0,1$ (10 %), что свидетельствует о приемлемой согласованности экспертных суждений [7]. Матрица парных сравнений может быть использована для дальнейших расчетов. Таким образом, итоговые веса классификационных признаков составляют: признак СЖД – 0,297, признак ФСУ – 0,274, признак ТАУ – 0,196, признак ТДР – 0,157, признак ССО – 0,077.

4 Методика квантификации и расчета интегрального индекса УТОТС

Для каждой УТОТС проводится оценка по 23 частным индикаторам с использованием 5-балльной шкалы. Для каждого индикатора разработаны детальные критерии, обеспечивающие объективность и воспроизводимость оценок (табл. 2).

Таблица 2

Пример критериев оценки для индикатора 1.1 «Динамика грузооборота за 3 года»

Балл	Критерий
5	Рост > 15 % ежегодно
4	Рост 5–15 % ежегодно
3	Рост 0–5 % ежегодно или колебания без тренда
2	Падение 0–5 % ежегодно
1	Падение > 5 % ежегодно

Оценка по признаку k рассчитывается как взвешенная сумма оценок частных индикаторов:

$$B_k = \sum (\text{оценка индикатора}_i \cdot \text{вес индикатора}_i).$$

Интегральный индекс развития УОТС вычисляется по формуле:

$$I = B_1 \cdot 0,297 + B_2 \cdot 0,157 + B_3 \cdot 0,077 + B_4 \cdot 0,196 + B_5 \cdot 0,274.$$

На основе анализа распределения полученных значений предлагается интерпретация интегрального индекса, представленная в табл. 3.

Таблица 3

Интерпретация интегрального индекса

Диапазон	Уровень развития	Характеристика
4,5–5,0	Высший	Глобальные лидеры, уникальные УОТС мирового значения
4,0–4,4	Высокий	Национальные лидеры, опорные УОТС федерального значения
3,5–3,9	Выше среднего	Региональные лидеры с высоким потенциалом развития
3,0–3,4	Средний	Стабильно функционирующие УОТС
2,5–2,9	Ниже среднего	Проблемные УОТС, требующие внимания
2,0–2,4	Низкий	Кризисные УОТС
1,0–1,9	Депрессивный	Требуют срочного вмешательства или перепрофилирования

5 Результаты апробации на примере выборки отечественных УТОТС

Для апробации разработанной методики отобрано 50 УТОТС, представляющих различные типы и регионы Российской Федерации: морские портовые УТОТС (25 объектов), континентальные железнодорожные узлы (10 объектов), авиационные узлы (7 объектов), пограничные переходы (4 объекта), трубопроводные узлы (4 объекта). Выборка охватывает все федеральные округа и основные транспортные коридоры страны (Север-Юг, Запад-Восток, Северный морской путь).

Результаты расчета интегральных индексов для 50 УТОТС представлены в табл. 4 (в статье приводится сокращенная версия).

Таблица 4

Интегральные индексы развития УТОТС (фрагмент)

№ п/п	УТОТС	Тип (особенность)	Интегральный индекс
1	«Н»	Морской порт	4,68
2	«В»	Морской порт	4,45
3	«М-авиа»	Авиационный	4,42
4	«М-жд»	Железнодорожный	4,38
5	«П-авиа»	Авиационный	4,25
6	«Т-авиа»	Авиационный	4,22
7	«К-авиа»	Авиационный	4,21
8	«С-водн»	Морской порт	4,02
9	«Х-авиа»	Авиационный	3,84
10	«ЕК»	Железнодорожный	3,82
...	...	...	...
47	«ВГД»	Железнодорожный	1,95
48	«М»	Морской порт	1,94
49	«ХМС»	Морской порт	1,75
50	«КРС»	Морской порт	1,74

Распределение 50 УТОТС по группам развития представлено в табл. 5.

Таблица 5

Распределение УТОТС по уровням развития

Уровень развития	Диапазон	Количество	Доля, %
Лидеры (высший и высокий)	4,0–5,0	8	16
Выше среднего	3,5–3,9	9	18
Средний уровень	3,0–3,4	23	46
Ниже среднего	2,5–2,9	3	6
Кризисные и депрессивные	1,0–2,4	7	14
Всего		50	100

Средний интегральный индекс по выборке составляет 3,25, стандартное отклонение – 0,71, что свидетельствует о значительной дифференциации узлов по уровню развития.

Анализ средних значений интегрального индекса по типам УТОТС (табл. 6) выявил существенные расхождения.

Таблица 6

Средние значения интегрального индекса по типам УТОТС

Тип УТОТС	Количество	Средний индекс	Максимум	Минимум
Авиационные	7	3,94	4,42	3,41
Железнодорожные	10	3,36	4,38	1,95
Морские портовые	25	3,18	4,68	1,74
Пограничные переходы	4	3,25	3,44	3,19
Трубопроводные	4	3,08	3,09	0,05

Наиболее высокие и выровненные показатели демонстрируют авиационные узлы (средний индекс 3,94), что отражает активную фазу развития авиационной инфраструктуры в последние годы и процессы концентрации пассажиропотоков в крупнейших УТОТС. Морские портовые узлы характеризуются наибольшим разбросом показателей (от 1,74 до 4,68), что свидетельствует о неоднородности портового хозяйства России: современные высокоэффективные порты соседствуют с депрессивными, потерявшими грузопотоки. Полученные в ходе расчётов интегральные индексы для трубопроводных узлов оказались близки друг к другу (значения сконцентрированы в районе 3,08). Этот факт объясняется особенностями организации трубопроводного транспорта: управление такими системами осуществляется строго централизованно, а стандарты их функционирования унифицированы на уровне всей сети.

Выполненный анализ распределения индексов по макрорегионам (табл. 7) выявил следующие закономерности.

Данные табл. 7. демонстрируют следующую тенденцию: чем дальше на восток страны, тем ниже средние значения интегральных индексов, что синхронизируется с общей экономической ситуацией в российских регионах. Единственное исключение – узел «В» (4,45), здесь он локальный лидер. Но в целом дальневосточные узлы уступают тем, что в европейской части. Зато северные узлы – «М» (3,57) и «А» (3,18) – показывают результаты выше ожидаемых для своей группы. Это связано с активным развитием Северного морского пути.

Таблица 7

Средние значения интегрального индекса по макрорегионам

Регион	Средний индекс	Количество
Центральный	3,94	3
Северо-Запад	3,45	6
Южный (включая Каспий)	3,26	8
Урало-Поволжский	3,21	9
Сибирь	3,29	9
Дальний Восток	3,09	15

6 Обсуждение результатов

Разработана многомерная классификация УТОТС, учитывающая синергетические и региональные признаки. Например, способность к самоорганизации, тип аттрактора или фазовое состояние. Это позволяет не просто описывать узловые объекты статично, а анализировать, как они меняются во времени. Проведена квантификация пятидесяти узловых транспортных организационно-технических систем (УТОТС) России. Рассчитан интегральный индекс с учетом 23 частных индикаторов с критериями. Определены закономерности в распределении показателей узлов по уровням развития, расположению и типам УТОТС.

По системе динамических показателей на примере определены узлы-лидеры («Н», «В», «М-авиа», «М») и узлы-аутсайдеры («Х», «К», «Вл», «Мч»), что позволяет принимать управленческие и экономические решения стратегического развития.

Заключение

Применен метод анализа иерархий для выбора и оценки значимости признаков для разрабатываемой классификации узловых транспортных систем. За основу расчетов взяты пять ключевых характеристик: стадия жизненного цикла, тип динамики, способность к самоорганизации, тип аттрактора и фазовое состояние. Метод МАИ позволил получить обоснованные веса параметров: стадия жизненного цикла – 0,297, фазовое состояние – 0,274, тип аттрактора – 0,196, тип динамики – 0,157, способность к самоорганизации – 0,077. Отношение согласованности ($OC = 0,017$) говорит о том, что экспертные оценки при парных сравнениях получились вполне непротиворечивыми.

Методика апробирована на выборке из пятидесяти российских УТОТС. Результаты позволили: рассчитать для каждого УТОТС интегральный индекс развития, выполнить ранжирование, выделить лидеров и аутсайдеров, выявить отраслевые особенности (у авиационных узлов самые высокие и стабильные показатели, а у морских портов – самый сильный разброс), определить, как индексы распределяются в пространстве (падение при движении с запада на восток). Перспектива применения полученных результатов связана с их использованием для стратегических управленческих решений в транспортном планировании, а также в будущих исследованиях, например, при построении синергетических моделей развития сетей УТОТС.

Список литературы

- 1 Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года : утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения: 25.06.2026).
- 2 Мизгирева, Е. Е. Формирование метода размещения инфраструктурных объектов транспортных узлов в условиях нечетких принципов параметризации : специальность 2.9.1 «Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте (технические науки)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Мизгирева Екатерина Евгеньевна ; Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на-Дону, 2025. – 235 с.
- 3 Козлов, П. А. К теории транспортных узлов / П. А. Козлов, В. Ю. Пермикин, Н. В. Кашеева // Транспорт Урала. – 2013. – № 4 (39). – С. 8–10. – ISSN 1815-9400.
- 4 Правдин, Н. В. Проектирование инфраструктуры железнодорожного транспорта (станции, железнодорожные и транспортные узлы) /

Reference

- 1 Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period up to 2035 : approved by Order of the Government of the Russian Federation No. 3363-r dated November 27, 2021. – URL: <http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (date of access: 06/25/2026).
- 2 Mizgireva, E. E. Formation of a method for locating infrastructure facilities at transport hubs under fuzzy parameterization principles : specialty 2.9.1 “Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport (technical sciences)” : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Mizgireva Ekaterina Evgenievna ; Rostov State Transport University. – Rostov-on-Don, 2025. – 235 p.
- 3 Kozlov, P. A. To the theory of transport nodes / P. A. Kozlov, V. Yu. Permikin, N. V. Kashcheeva // Transport of the Urals. – 2013. – No. 4 (39). – P. 8–10. – ISSN 1815-9400.
- 4 Pravdin, N. V. Design of railway transport infrastructure (stations, railway and transport hubs)

Н. В. Правдин, С. П. Вакуленко, А. К. Голович. – Москва : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. – 1086 с. – ISBN 978-5-89035-619-2.

5 **Сандакова, Н. Ю.** К вопросу об использовании теории развивающихся систем как основы социально-экономического развития региона / Н. Ю. Сандакова // Проблемы современной экономики. – 2014. – № 2 (50). – С. 407–410. – ISSN 1818-3395.

6 **Saaty, T. L.** A scaling method for priorities in hierarchical structures / T. L. Saaty // Journal of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15, No. 3. – P. 234–281. – DOI 10.1016/0022-2496(77)90033-5.

7 **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; перевод с английского Р. Г. Вачнадзе. – Москва : Радио и связь, 1993. – 278 с.

8 **Islam, R.** The analytic hierarchy process in the transportation sector / R. Islam, T. L. Saaty // Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems / ed. by M. Ehrgott [et al.]. – Berlin : Springer, 2010. – P. 79–91. – (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems ; Vol. 634). – DOI 10.1007/978-3-642-04045-0_7.

9 **Рассадникова, Е. Ю.** Модифицированный метод иерархии Саати для задачи выбора транспортного режима / Е. Ю. Рассадникова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Т. 18, № 5. – С. 146–152. – ISSN 1992-6502.

10 **Saaty, T. L.** Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process / T. L. Saaty, L. G. Vargas. – 2nd ed. – New York : Springer, 2012. – 346 p. – (International Series in Operations Research & Management Science ; Vol. 175). – DOI 10.1007/978-1-4614-3597-6.

11 Макромоделирование транспортных узлов / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, В. Ю. Пермикин, И. Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 38–40. – ISSN 0044-4448.

12 О принципах расчёта транспортных узлов / П. А. Козлов, С. П. Вакуленко, В. П. Козлова, Н. Ю. Евреенова // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19, № 4 (95). – С. 6–12. – DOI 10.30932/1992-3252-2021-19-4-1.

13 **Воронов, В. А.** Транспортно-пересадочные узлы и интермодальные комплексы. Термины и определения / В. А. Воронов, К. Ю. Чистяков // Architecture and Modern Information Technologies. – 2020. – № 3 (52). – С. 252–264. – DOI 10.24411/1998-4839-2020-15214.

14 **Rotter, H.** New operating concepts for intermodal transport: The mega hub in Hanover/Lehrte

/ N. V. Pravdin, S. P. Vakulenko, A. K. Golovnich. – Moscow : Educational and Methodological Center for Railway Transport Education, 2012. – 1086 p. – ISBN 978-5-89035-619-2.

5 **Sandakova, N. Yu.** On the issue of using the theory of developing systems as a basis for the socioeconomic development of a region / N. Yu. Sandakova // Problems of Modern Economics. – 2014. – No. 2 (50). – P. 407–410. – ISSN 1818-3395.

6 **Saaty, T. L.** A scaling method for priorities in hierarchical structures / T. L. Saaty // Journal of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15, No. 3. – P. 234–281. – DOI 10.1016/0022-2496(77)90033-5.

7 **Saaty, T.** Decision making. The analytic hierarchy process / T. Saaty ; translated from English by R. G. Vachnadze. – Moscow : Radio i Svyaz, 1993. – 278 p.

8 **Islam, R.** The analytic hierarchy process in the transportation sector / R. Islam, T. L. Saaty // Multiple criteria decision making for sustainable energy and transportation systems / ed. by M. Ehrgott [et al.]. – Berlin : Springer, 2010. – P. 79–91. – (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems ; Vol. 634). – DOI 10.1007/978-3-642-04045-0_7.

9 **Rassadnikova, E. Yu.** Modified Saaty hierarchy method for the problem of selecting a transport mode / E. Yu. Rassadnikova // Vestnik of the Ufa State Aviation Technical University. – 2014. – Vol. 18, No. 5. – P. 146–152. – ISSN 1992-6502.

10 **Saaty, T. L.** Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process / T. L. Saaty, L. G. Vargas. – 2nd ed. – New York : Springer, 2012. – 346 p. – (International Series in Operations Research & Management Science ; Vol. 175). – DOI 10.1007/978-1-4614-3597-6.

11 Macromodeling of transport hubs / P. A. Kozlov, N. A. Tushin, V. Yu. Permikin, I. G. Slobodanyuk // Railway Transport. – 2015. – No. 10. – P. 38–40. – ISSN 0044-4448.

12 On the principles of calculating transport hubs / P. A. Kozlov, S. P. Vakulenko, V. P. Kozlova, N. Y. Evreenova // World of Transport and Transportation. – 2021. – Vol. 19, No. 4 (95). – P. 6–12. – DOI 10.30932/1992-3252-2021-19-4-1.

13 **Voronov, V. A.** Transport hubs and intermodal complexes. Terms and definitions / V. A. Voronov, K. Yu. Chistyakov // Architecture and Modern Information Technologies. – 2020. – No. 3 (52). – P. 252–264. DOI 10.24411/1998-4839-2020-15214.

14 **Rotter, H.** New operating concepts for intermodal transport: The mega hub in Hanover/Lehrte

in Germany / H. Rotter // Transportation Planning and Technology. – 2004. – Vol. 27, No. 5. – P. 347–365. – DOI 10.1080/0308106042000273022.

15 **Сысоев, Н. Ю.** Развитие промышленно-транспортных узлов на основе совершенствования взаимодействия железнодорожного транспорта общего и необщего пользования : специальность 2.9.4 «Управление процессами перевозок» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сысоев Николай Юрьевич ; Российский университет транспорта (МИИТ). – Москва, 2025. – 185 с.

in Germany / H. Rotter // Transportation Planning and Technology. – 2004. – Vol. 27, No. 5. – P. 347–365. – DOI 10.1080/0308106042000273022.

15 **Sysoev, N. Yu.** Development of industrial and transport hubs based on improving the interaction of public and non-public railway transport : speciality 2.9.4 “Transportation Process Management” : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Sysoev Nikolay Yuryevich ; Russian University of Transport (MIIT). – Moscow, 2025. – 185 p.

E. E. Mizgireva, O. N. Chislov

THE METHOD OF HIERARCHY ANALYSIS IN THE EVALUATION OF CLASSIFICATION FEATURES OF HUB TRANSPORT ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL SYSTEMS

Abstract. The article presents the author's approach to the selection and evaluation of classification features of hub transport organizational and technical systems (HTOTS) based on the proposed conceptual framework. The classification is based on five key features that reflect the dynamic and synergistic properties of HTOTS: the stage of the life cycle, the type of development dynamics, the ability to self-organize, the type of attractor, and the phase state. To determine the weighting significance of the classification features, the method of hierarchical analysis (MHA) by T. Saaty is used, which allows for a mathematical justification of their contribution to the integral assessment. The consistency ratio (CR = 0.017) confirms the consistency of the expert judgments. A hierarchical system of private indicators (23 indicators) has been developed to ensure objective evaluation. Based on the proposed methodology, fifty HTOTS of the Russian Federation were quantified, their integral development indices were obtained, and a ranking and comparative analysis were performed for the purposes of strategic planning of transport infrastructure development and management decision-making.

Keywords: hub transport organizational and technical system (HTOTS), classification, hierarchical analysis method (HAM), quantification, synergetics, transport planning, multi-criteria assessment.

For citation: Mizgireva, E. E. The method of hierarchy analysis in the evaluation of classification features of hub transport organizational and technical systems / E. E. Mizgireva, O. N. Chislov // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2026. – No. 2. – P. 156–164. – DOI 10.46973/0201-727X_2026_2_156.

Сведения об авторах

Мизгирева Екатерина Евгеньевна
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Станции и грузовая работа»,
кандидат технических наук, ассистент,
e-mail: BrutalD@yandex.ru

Числов Олег Николаевич
Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Станции и грузовая работа»,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой,
e-mail: o_chislov@mail.ru

Information about the authors

Mizgireva Ekaterina Evgenievna
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Stations and Freight Operation”,
Candidate of Engineering Sciences, Assistant,
e-mail: BrutalD@yandex.ru

Chislov Oleg Nikolaevich
Rostov State Transport University (RSTU),
Chair “Stations and Freight Operation”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Chair,
e-mail: o_chislov@mail.ru