

M. V. CHETCHUEV, A. N. IVANKOV

**THEORETICAL FOUNDATIONS OF TRACK DESIGN
AT TEMPORARY CARRIAGE STAND-OFF STATIONS
IN AREAS OF MASS UNLOADING**

The article provides general information about the problem of the need to organize temporary parking of cars and its solution through the arrangement of special railway stations. For a station for temporary storage of wagons located in the area of mass unloading, a recommended diagram is given and the main purpose of its parks and tracks is described. In the final part, a conclusion is drawn about the possibility of further use of the given theoretical foundations and recommendations.

Получено 16.10.2024

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 6. Гомель, 2024**

УДК 656.22+06

О. Н. ЧИСЛОВ, Е. Е. МИЗГИРЕВА, С. А. КОЛОШИН
Ростовский государственный университет путей сообщения,
г. Ростов-на-Дону
o_chislov@mail.ru, brutald@yandex.ru, ser-koloshin@yandex.ru

**ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОГО УЗЛА**

Рассматриваются вопросы формирования системы оценки показателей инфраструктуры транспортного узла на основе балльного рейтинга согласно критериям теории принятия решений. Предложен специальный градостроительный показатель, при работе с которым использован метод анализа иерархий (МАИ) для структурирования и оценки множества альтернатив развития по нескольким критериям. На примере транспортного узла «МВ» представлено формирование иерархической структуры показателей и работа с ними.

Транспортные и транспортно-пересадочные узлы (ТУ и ТПУ) имеют важнейшую социально-экономическую, производственную, оборонную и системообразующую роль в распределении грузо-, пассажиропотоков страны. Известно, что ТПУ – это элемент транспортной инфраструктуры, спланированный и интегрированный в городскую систему, он не только является узлом городской активности, но и формирует окружающее пространство. Основные тенденции развития отечественных ТУ и ТПУ заключаются в перспективной архитектурной планировке и зонировании прилегающих территорий, блочно-модульном принципе размещения объектов, развитии форм транспортного сервиса и единой технологии обслуживания перевозок,

согласовании расписаний движения транспортных средств, организации комплексной безопасности, учете принципов экологичности, бережливости и т. п. [1].

В настоящее время функции и задачи транспортных узлов расширяются, усложняются структуры и методы управления, увеличивается взаимосвязь процессов и степень их цифровизации. Вследствие этого изменяется подход к научным и практическим исследованиям принципов формирования показателей оценки степени эффективности узловой инфраструктуры.

В связи с этим предлагается расширить систему показателей и классификации транспортных узлов, дополнив её такими признаками, как уровень логистического сервиса, агломерационно-экономическая роль, степень развития промышленного производства, тип центра взаимодействия транспорта, степень цифровизации транспортных процессов, степень вовлеченности в международное транспортное производство и др.

Предлагается метод оценки показателей транспортной инфраструктуры узлов в виде системы классов и их балльного рейтинга. Класс узла K формируется из множества значений подклассов $K_{\text{узла}} = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$, причем каждый подкласс является подмножеством своих показателей [2].

В качестве параметров оценки инфраструктуры узла используются показатели: S – площадь транспортного узла, км²; N – населенность транспортного узла, тыс. чел.; $n_{\text{маг}}$ – количество видов магистрального транспорта, ед.; $n_{\text{гор}}$ – количество видов городского транспорта, ед.; L_a – протяженность узловых автомобильных дорог, км; протяженность транспортных коммуникаций: $L_{\text{ж}}$, $L_{\text{в}}$ – протяженность узловых железнодорожных и водных путей, км; $S_{\text{ПЗ}}$ – площадь промышленно-заводской зоны, км²; $S_{\text{ТСЗ}}$ – площадь транспортно-складской зоны, км²; $S_{\text{СЗ}}$ – площадь селитебной зоны, км²; $S_{\text{ЗЗ}}$ – площадь защитной зоны, км²; $C_{\text{П}}$ – стоимость перевозок, т·км (пас·км) / руб.

Так как показатели, сводимые к комплексному оценочному критерию, имеют разные единицы измерения, то они приводятся к безразмерному виду на основе вариативного показателя $k(\theta)$ с диапазоном значений от 1 до 100:

$$k(\theta) = 1 + 99 \frac{\theta_i - \theta_{\min}}{\theta_{\max} - \theta_{\min}},$$

где 1 – нижний предел вариативного показателя рейтинга; 99 – принятый размах вариации; θ_i – значение i -го показателя в выборке; $\theta_{\max}$, $\theta_{\min}$ – максимальное и минимальное значения выборки [2].

Для разработки комплексного динамического критерия оценки узловой инфраструктуры необходим сравнительный анализ показателей в зависимости от степени их воздействия по критериям теории принятия решений: критерий Лапласа, критерий минимакса, критерий Сэвиджа, критерий Гурвица, критерий Ходж – Лемана [3]. Значение итогового критерия определяется по формуле

$$R = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \left(K_{\text{опт}i} \frac{1}{f} \right),$$

где K – количество критериев; $K_{\text{опт}i}$ – оптимальное решение по i -му критерию; f – значение приоритета ($f \in (1; N)$), где N – количество рассматриваемых узлов) [3].

Для оценки рациональности компоновочных решений инфраструктуры узла (или узловой зоны) в статье применен специальный градостроительный показатель P , который определяется по формуле

$$INT(P) = \alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2 + \alpha_3 p_3 + \dots + \alpha_{10} p_{10},$$

где α – «вес» критерия, причем

$$\sum_{i=1}^{10} \alpha_i = 10;$$

p_1 – грузооборот узла (зоны), тыс. т; p_2 – пассажирооборот (транспортная подвижность населения зоны), тыс. чел.; p_3 – состояние (год ввода в эксплуатацию) зоны (функционирующая: $p_3 = 1$, нефункционирующая: $p_3 = -1$, частично функционирующая: $p_3 = 0 \dots 0,9$); p_4 – коэффициент застройки узла (зоны), отражающий плотность транспортной сети на 1000 хозяйствующих субъектов,

$$p_4 = \frac{L_{\text{привед}} \cdot 1000}{Q_{\text{общ}}},$$

где $Q_{\text{общ}}$ – общее число предприятий и организаций на территории региона, или как L_c / S_3 , где L_c – протяженность транспортной сети, км; S_3 – площадь застроенной территории; p_5 – значимость государственная: $p_5 = 1$, региональная: $p_5 = 0 \dots 0,9$; p_6 – категория отраслей узловой промышленности (легкая / тяжелая, обрабатывающая / добывающая, местная / региональная); p_7 – надежность и устойчивость (развитость) транспортных связей (коммуникаций), характеризуется энтропией, коэффициентом связности узла, степенью работоспособности при разрушении связей; p_8 – коэффициент эффективности системы по населенности, рассчитывается по коэффициенту Энгеля,

$$p_8 = \frac{L}{\sqrt{SHt}},$$

L – общая длина транспортных путей; S – площадь территории; H – численность населения, также может рассчитываться по весу отправок по коэффициенту Успенского для зоны узла

$$p_{\text{усп}} = \frac{L}{\sqrt[3]{SHt}},$$

t – общий вес отправляемых на территории грузов или по количеству населенных пунктов узла согласно коэффициенту Гольца, как

$$P_r = \frac{L}{\sqrt{S\Pi}},$$

Π – число населенных пунктов, или по коэффициенту Василевского, как

$$P_{\text{вас}} = \frac{L}{\sqrt[3]{SHQ}},$$

Q – общий вес произведенной продукции предприятиями узла; p_9 – соответствие экологическим нормам; p_{10} – соответствие госпрограммам развития (привлекательность для бизнеса и населения).

Пример расчета представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Ведомость данных расчета показателя P зоны узла «МВ»

Зона ТУ	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	p_6	p_7	p_8	p_9	p_{10}	P
ТСЗ «Ж»	+0,1	+0,4	+0,4	+0,2	+2,2	+0,3	+0,6	+0,6	-0,7	+0,5	5
ТСЗ «А»	–	+0,8	+0,8	+0,1	+2,6	+0,3	+0,7	+0,5	-0,6	+0,5	6
ПЗЗ	+0,2	–	+0,3	+0,2	+1,0	+0,4	+0,5	+0,4	-0,8	+0,1	2

Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет оценивать множество альтернатив по нескольким критериям и формализуется с помощью матриц попарных сравнений с присвоением балльных оценок по девятибалльной шкале с составлением матрицы сравнений (нечетные оценки: 1 – равная важность, 3 – умеренное превосходство, 5 – значительное превосходство, 7 – весомое превосходство, 9 – превалирующее превосходство; четные оценки: промежуточные результаты). Затем на основе данных оценок формируется матрица, в которой, если элемент i более важен, чем элемент j , то клетка (i, j) , должна быть заполнена целым числом, а клетка (j, i) – дробным.

Последовательность проводимых оценок следующая:

- 1 – определение цели и задачи критерия, оценивающего эффективность транспортного узла;
- 2 – формирование иерархической структуры, в которой на нижнем уровне находятся конкретные альтернативы, а также зоны, входящие в состав, оцениваемого узла (рисунок 1);
- 3 – попарные сравнения критериев на основе шкалы предпочтений;
- 4 – расчет «весов» (приоритетов) для каждого критерия, что позволяет определить их относительную важность при оценке параметров транспортного узла;
- 5 – сравнение альтернатив;
- 6 – проверка согласованности полученных оценок.

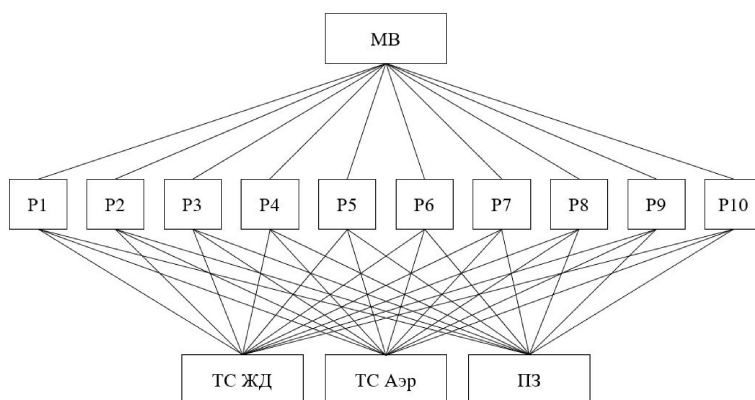


Рисунок 1 – Пример построения иерархии показателей узла «МВ»

Однородность суждений оценивается отклонением величины максимального собственного значения $\lambda_{\max}$ от порядка матрицы n , для этого вводятся понятия индекса однородности (индекс согласованности – ИС) и отношения однородности (отношения согласованности – ОС), которые вычисляются по формулам

$$\text{ИС} = \frac{\lambda_{\max} - 1}{n - 1}, \quad \text{ОС} = \frac{\text{ИС}}{\text{СИ}},$$

где СИ – среднее значение индекса однородности случайным образом составленной матрицы попарных сравнений, основанное на экспериментальных данных [5].

После формирования иерархической структуры (см. рисунок 1), в которой на нижнем уровне находятся множители специального градостроительного показателя P , а также зоны, входящие в состав оцениваемого узла, строится матрица попарных сравнений критериев

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/7 & 1/4 & 1 & 1 & 1/4 & 1/4 & 1 & 4 \\ 1 & 1 & 1/7 & 1/4 & 1 & 2 & 1/4 & 1/2 & 1/9 & 3 \\ 7 & 7 & 1 & 1/2 & 7 & 7 & 5 & 5 & 2 & 8 \\ 4 & 4 & 2 & 1 & 5 & 6 & 3 & 1 & 1 & 6 \\ 1 & 1 & 1/7 & 1/5 & 1 & 1/2 & 2 & 1/3 & 1/9 & 1 \\ 1 & 1/2 & 1/7 & 1/6 & 2 & 1 & 1 & 1/4 & 1/3 & 2 \\ 4 & 4 & 1/5 & 1/3 & 1/2 & 1 & 1 & 1 & 1 & 7 \\ 4 & 2 & 1/5 & 1 & 3 & 4 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 1 & 9 & 1/2 & 1 & 9 & 3 & 1 & 1 & 1 & 9 \\ 1/4 & 1/3 & 1/8 & 1/6 & 1 & 1/2 & 1/7 & 1/2 & 1/9 & 1 \end{pmatrix}$$

и на основе шкалы предпочтений – матрицы альтернатив $p_1(a)$, $p_2(b)$ и $p_3(в)$:

$$\begin{array}{ccc}
 a) \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/7 \\ 7 & 1 & 1/9 \\ 7 & 9 & 1 \end{bmatrix} &
 б) \begin{bmatrix} 1 & 7 & 9 \\ 1/7 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1 & 1 \end{bmatrix} &
 в) \begin{bmatrix} 1 & 7 & 1 \\ 1/7 & 1 & 1/3 \\ 1 & 3 & 1 \end{bmatrix}
 \end{array}$$

В результате получим средневзвешенные оценки для каждой транспортной зоны: для ТС ЖД – 0,523, ТС Аэр – 0,231, ПЗ – 0,246.

При этом ИС = 0,16, ОС = 0,11.

Преимущества использования МАИ для разнородных показателей инфраструктуры транспортного узла заключаются в следующем:

- гибкость позволяет учитывать множество факторов и их взаимосвязи;
- объективность помогает структурировать субъективные суждения и системы оценок, превращая их в количественные данные;
- устойчивость к изменениям позволяет адаптировать новые данные или критерии для их включения в анализ.

Таким образом, развитие показателей оценки инфраструктуры ТУ на основе набора специальных критериев и применения метода анализа иерархий, позволяет системно оценивать множество различных факторов, а также степень их влияния на эффективность и функциональность транспортного узла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Методы цифровизации и интеллектуализации параметров логистического взаимодействия в системе «ж.-д. станция – порт» в условиях мультиагентности транспортно-технологических процессов : [монография] / О. Н. Числов [и др.]. – Ростов-н/Д : РГУПС, 2022. – 396 с.
- 2 Хан, В. В. Развитие методов определения рациональных структур и организации транспортно-технологических процессов железнодорожных узлов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / В. В. Хан. – Ростов н/Д, 2017. – 23 с.
- 3 Числов, О. Н. Принципы формирования комплексного критерия оценки структуры транспортного узла / О. Н. Числов, Е. Е. Мизгирева // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1 (93). – С. 122–131.
- 4 Семенихина, Н. Б. Метод анализа иерархий как системный подход к проблеме принятия решений / Н. Б. Семенихина // Дискуссия. – 2023. – № 117. – С. 38–48.
- 5 Саати, Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М. : Радио и связь, 1993. – 314 с.

O. N. CHISLOV, E. E. MIZGIREVA, S. A. KOLOSHIN

PRINCIPLES OF FORMING A SYSTEM FOR EVALUATING THE INDICATORS OF THE TRANSPORT HUB INFRASTRUCTURE

The article discusses the issues of forming a system for evaluating the indicators of the transport hub infrastructure based on a point rating according to the criteria of decision theory. A special urban planning indicator is proposed, which uses the method of hierarchy analysis to structure and evaluate a variety of development alternatives according to several criteria. Using the example of the MV transport hub, the formation of a hierarchical structure of indicators and working with them is presented.

Получено 28.10.2024