DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-3-394 **EDN: EAJMKG**
УДК 656.078

Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ В ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

Р.А. Халтурин, Р.О. Судоргин

Аннотация

Обоснование. Пассажирский транспортный комплекс представляет собой сложную эргатическую систему, объединяющую разнородные технологические, инфраструктурные элементы и человеческие коллективы с зачастую противоречивым целеполаганием, находящиеся в различном ведомственном подчинении. Его функционирование происходит в условиях стохастической неопределенности показателей, что приводит к значительным трудностям при традиционном подходе к распределению ресурсов. Существующие методы управления не в полной мере учитывают специфику таких систем, что обуславливает необходимость разработки новых теоретических и методических основ для проектирования эффективной многоуровневой структуры управления ресурсами, устойчивой к воздействию неопределенных факторов внешней и внутренней среды.

Цель. Разработка концепции проектирования многоуровневой иерархической структуры распределения ресурсов для пассажирской транспортной системы, соответствующей её уникальным характеристикам как комплексной эргатической структуры, функционирующей в условиях присущей ей стохастической неопределенности.

Материалы и методы. В основе исследования лежит системный подход, включающий анализ, представление, расчет и синтез слож-

ных систем. В качестве теоретической базы использованы теория многоуровневых иерархических систем, теория принятия решений в условиях неопределенности и вероятностные методы анализа. Для формализации процесса распределения ресурсов предложен аппарат логических операторов (ЛО), представленных в виде морфологических матриц, которые агрегируют показатели эффективности различных видов транспорта для множества взаимоисключающих информационных состояний. Это позволяет проводить расчет оценочных функционалов с учетом вероятностных распределений и весовых коэффициентов, характеризующих важность каждого параметра.

Результаты. Разработана концепция представления системы распределения ресурсов как многоэшелонной иерархической структуры. Базовым компонентом разработанной иерархической структуры выступают логические операторы (ЛО), расположенные на низовом уровне управления и отвечающие за консолидацию данных, поступающих от различных транспортных модальностей, а также за учет их текущих информационных статусов. Предложена математическая модель в виде матрицы оценочных функционалов, позволяющая формализовать расчет эффективности распределения ресурсов для различных сценариев. Введено понятие «района» как совокупности ЛО на одном эшелоне, что позволяет структурировать систему по территориальному или функциональному признаку. Полученная модель обеспечивает основу для последующего анализа и синтеза оптимальной структуры управления в условиях неполной информации.

Ключевые слова: структура управления; распределение ресурсов; пассажирский транспорт; сложная система; эргатическая система; стохастическая неопределенность; логический оператор; иерархическая структура; оценочный функционал; принятие решений

Для цитирования. Халтурин, Р. А., & Судоргин, Р. О. (2025). Концепция проектирования многоуровневой иерархической структуры управления ресурсами в пассажирской транспортной системе. *Transportation and Information Technologies in Russia*, *15*(3), 222–243. https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-394

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

DESIGN CONCEPT FOR A MULTI-LEVEL HIERARCHICAL RESOURCE MANAGEMENT STRUCTURE IN PASSENGER TRANSPORTATION SYSTEMS

R.A. Khalturin, R.O. Sudorgin

Abstract

Background. The passenger transport complex is a complex ergatic system that integrates heterogeneous technological and infrastructural elements and human teams with often contradictory goals, operating under different departmental jurisdictions. Its functioning occurs under conditions of stochastic uncertainty of indicators, which leads to significant difficulties in the traditional approach to resource allocation. Existing management methods do not fully account for the specifics of such systems, necessitating the development of new theoretical and methodological foundations for designing an effective multi-level resource management structure resilient to the impact of uncertain factors of the internal and external environment.

Purpose. To develop a concept for designing a multi-level hierarchical resource allocation structure for a passenger transportation system, which corresponds to its unique characteristics as a complex ergatic system operating under conditions of inherent stochastic uncertainty.

Materials and methods. The research is based on a systems approach, including the analysis, representation, calculation, and synthesis of complex systems. The theoretical foundation utilizes the theory of multi-level hierarchical systems, decision theory under uncertainty, and probabilistic analysis methods. To formalize the resource allocation process, an apparatus of logical operators (LOs) is proposed, presented as morphological matrices that aggregate performance indicators of various transport modes for a set of mutually exclusive information states. This allows for the calculation of evaluation functionals considering probability

distributions and weighting coefficients characterizing the importance of each parameter.

Results. A concept for representing the resource allocation system as a multi-echelon hierarchical structure has been developed. The fundamental component of the elaborated hierarchical framework consists of logical operators (LOs), situated at the lowest management level, responsible for consolidating data received from various transport modalities and for accounting for their current informational states. A mathematical model in the form of an evaluation functional matrix is proposed, enabling the formalization of resource allocation efficiency calculations for diverse scenarios. The concept of a 'district' has been introduced, defined as a collection of LOs within a single echelon, which facilitates system structuring based on territorial or functional attributes. The resulting model provides a foundation for subsequent analysis and synthesis of an optimal management structure under conditions of incomplete information.

Keywords: management structure; resource allocation; passenger transportation; complex system; ergatic system; stochastic uncertainty; logical operator; hierarchical structure; evaluation functional; decision-making

For citation. Khalturin, R. A., & Sudorgin, R. O. (2025). Design concept for a multi-level hierarchical resource management structure in passenger transportation systems. *Transportation and Information Technologies in Russia*, *15*(3), 222–243. https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-394

Введение

Разработка концептуальной модели распределения ресурсов в системе управления пассажирским транспортом акцентирует внимание на её фундаментальных особенностях: многоаспектности состава и эргатическом характере. Система объединяет обширный объем инфраструктурных объектов и инженерных комплексов, включающих единицы подвижного состава, элементы производственно-технического обеспечения, а также компоненты инфраструктуры, предназначенные для обслуживания пассажиров на всей

маршрутной сети. Эксплуатация данной системы осуществляется на основе многообразных технологических и организационных парадигм. Более того, эти функционально дифференцированные образования взаимодействуют с различными группами управленческого персонала, находящимися в ведомственном подчинении множества административных субъектов. В качестве примера можно рассмотреть управление городскими пассажирскими перевозками, где задействованы многочисленные организации, которые зачастую функционируют автономно, не образуя унифицированной иерархической системы. К ним относятся профильные департаменты транспорта, комитеты по развитию транспортной инфраструктуры, диспетчерские центры и другие координационные инстанции.

Представленные эргатические системы демонстрируют сложные функциональные, а зачастую и неявные, взаимосвязи между своими подсистемами и компонентами. Кроме того, для них характерна множественность целей, нередко входящих в противоречие. Перечисленные обстоятельства обусловливают классификацию рассматриваемого транспортного комплекса как сложной системы, чья операционная деятельность протекает в условиях стохастической неопределенности ключевых входных и выходных переменных. Исследованием и разработкой методов решения проблем, присущих таким многокомпонентным системам, занимается академическая дисциплина – теория сложных систем [1]. В последующих разделах будут детализированы фундаментальные положения этой теории, адаптированные к специфическим условиям функционирования пассажирского транспорта, с учетом таких аспектов, как динамика и флуктуации транспортных потоков, временная нестабильность показателей загрузки подвижного состава, изменчивость результативности транспортных предприятий, а также региональные климатические и географические вариации, рассмотренные ранее.

Концептуально, транспортный комплекс, рассматриваемый как сложная система, определяется в пространственно-времен-

ных рамках как взаимосвязанный ансамбль технических средств, инфраструктурных объектов и человеческих ресурсов, предназначенный для организации и регулирования пассажирских потоков. Операционные особенности включают:

- унифицированной целевой функцией, заключающейся в достижении максимальной операционной эффективности с точки зрения ключевого стейкхолдера – национальной пассажирской транспортной системы;
- множественностью, а зачастую и коллизией, целевых установок на разноуровневых иерархических ступенях и в различных субсистемах, обусловленной сложной композицией стратегических задач для оптимизации системной производительности.

Аналогично другим сложным системам, транспортный комплекс может быть предварительно систематизирован по следующим критериям:

- По структурным характеристикам: представляет собой значительное и, как правило, динамически изменяющееся во времени множество компонентов, интегрированных в систему через входные интерфейсы. Эти компоненты включают как внутренние системные сущности, ограниченные её периметром (например, совокупность предприятий, осуществляющих пассажирские перевозки, а также множество инфраструктурных объектов и/или сервисных организаций, отвечающих за техническую эксплуатацию подвижного состава), так и внешние факторы, проявляющиеся в виде таких параметров, как объем пассажиропотока и эволюция маршрутной сети в течение времени.
- По межэлементным связям: характеризуется комплексностью и вариативностью межэлементных взаимодействий, эволюционирующих во времени, которые обладают иерархической структурой и выраженной информационной неполнотой относительно природы внешних воздействий.

- По механизмам управления: данный аспект предполагает имманентное присутствие в структуре регулирующего элемента или специализированной субсистемы, основной задачей которой является нивелирование рассогласований между заданными целевыми и фактически поступающими системными входными параметрами.
- По моделям поведения: Определяется функционированием на базе унифицированной архитектуры целевых функций, реализация которых осуществляется в рамках предписанных ограничений (включая регулятивные нормы дорожного движения, регламенты по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, протоколы обеспечения безопасности движения, а также системы мониторинга воздействия на окружающую среду), при этом обеспечивая покрытие широкого спектра операционной деятельности.

Методы исследования

Системный подход, как методологическая основа, предусматривает декомпозицию анализируемой структуры на взаимосвязанные компоненты – подсистемы. На каждом уровне детализации под подсистемой подразумевается специфическая часть комплексной структуры, функциональная роль которой является критичной с позиций управления и обеспечения совокупной эффективности системы [2]. В контексте исследования транспортного комплекса и оптимизации распределения ресурсов, системный подход базируется на следующих фундаментальных принципах:

1. Детерминация целевой архитектуры: Формулировка специфических целей (таких как надежность функционирования транспортных средств, экологическая устойчивость, безопасность дорожного движения, обеспечение регулярности перевозок) для исследуемого комплекса. Эти частные цели субординированы главному иерархическому принципу – оптимизации качества пассажирских перевозок с целью повышения макроэкономической эффективности городских, региональных и государственных эко-

номик.

2. Определение системной конфигурации: Идентификация комплекса технических средств и инфраструктурных компонентов, которые обеспечивают операционное функционирование транспортного комплекса в пределах заданных системных границ.

3. Имплементация иерархического принципа: Структурирование многоуровневых систем предусматривает последовательное вертикальное позиционирование подсистем с четко выраженным приоритетом вышестоящих уровней по отношению к функциональной реализации нижестоящими. Отличительными особенностями явно выраженной иерархии являются: существенная разница в масштабах характеристических элементов различных уровней; наличие верифицированных механизмов взаимодействия конкретного элемента с внешней средой, оказывающих воздействие на данный уровень.

4. Принцип иерархии целеполагания: операционные цели отдельных подсистем должны быть подчинены и согласовываться с общими стратегическими целями всей системы.

5. Взаимодействие с внешней средой: в ходе функционирования сложные системы показывают высокую степень взаимосвязи с окружающей внешней средой, изменения в динамике которой непосредственно влияют на внутреннее состояние и работоспособность системы.

Типологический процесс исследования сложных систем включает в себя следующие фазы: системный анализ; формулирование исследовательской цели и математическая постановка проблемы; разработка математической модели системы; и оптимальный синтез системы, осуществляемый на базе разработанных моделей [3; 4]. Но для эргатических систем, какой по ряду признаков является пассажирская транспортная система, обязательным элементом её исследования является порядок и класс задач, распределяющие этапы решения на следующие: представление системы, расчёт, анализ и синтез. Подобное разделение алгоритма решения задач в системах транспортного комплекса необходимо в силу его осо-

бенностей, что требует более подробного описания.

Системное представление описывается как структурирование всей релевантной информации об объекте, что упрощает его описание, а также постановку и разрешение задач, связанных с его вычислением, анализом и синтезом [5].

Процесс системного расчета включает детерминацию количественных параметров или числовых значений функциональных характеристик, исходя из заданной архитектуры системы, операционного режима (последовательности выполнения операций) и численных значений параметров её составляющих блоков. В контексте транспортных систем, задача расчета приобретает особую значимость, поскольку она способствует выявлению потенциала для разработки искусственных (технических и организационных) интеллектуальных комплексов. Без решения задачи полного алгоритма расчёта системы невозможно продвигаться в сторону создания и реализации широко декларируемого сегодня направления класса интеллектуальных транспортных систем.

Анализ системы состоит в определении вида зависимостей различных характеристик функционирования системы от её структуры, режима её функционирования, значений параметров её блоков. анализ системы позволяет установить степень влияния всех факторов на характеристики системы. благодаря этому оказывается возможным ввести расчёты устойчивости функционирования системы при различных изменениях её параметров и структуры и расчёты при проектировании систем с целью достичь нужных значений характеристик путем некоторого изменения её параметров и структуры [6; 7]. В случае проектирования эффективных пассажирских транспортных систем в рамках данного исследования — это задача проектирования оптимальной структуры распределения ресурсов в транспортном комплексе.

Синтез произвольной системы необходим, когда не определенности в структуре исследуемой системы и необходима её реструктуризация, как в определении самой структуры, так и по заданным

целям, значением параметров её блоков и требуемым значениям различных характеристик функционирования системы.

Задачи представления, расчёта, анализа и синтеза систем имеют основополагающие значение для изучения и проектирования эффективных пассажирских транспортных систем в силу вышеобозначенных характерных особенностей. В данном случае эти задачи весьма разнообразны и могут классифицироваться по различным признакам: по разнообразным типам входящих в систему подсистем; по наличию ограничений на функционирование блоков в подсистемах; по полноте имеющихся данных о системе, причем для различных блоков транспортной системы информационные состояния могут быть различными (детерминированные задачи, где имеется полная информация о структуре и параметрах блоков, заданная в детерминированной форме; вероятностные задачи, где указанная информация неполна и задана в вероятностной форме; задачи с неопределенностью в них часть информации может вообще отсутствовать или находиться в состояния, не позволяющим выявить её стохастические параметры) [8; 9]. Наличие в пассажирской системе всех перечисленных признаков приводит к значительной сложности при решении задач, связанных с изучением данного вида систем.

Теоретические исследования

Перечислим основные проблемы научного характера, возникающие на всех этапах проектирования или реструктуризации сложных пассажирских транспортных систем:

1. Первая проблема возникает при решении вероятностных системных задач. Она состоит в том, что такое решение предполагает знание параметров блоков системы в виде в виде их вероятностных распределений. В то же время в пассажирских транспортных системах на практике достоверная информация в указанном виде по некоторым показателям отсутствует, что затрудняет вероятностный подход к изучению системы. Например, если мы рассматриваем по-

казатели использования инфраструктуры (протяженность сети, количество маршрутов, количество объектов обслуживания), то вероятностные их значения являются фактически детерминированными величинами, а если речь идет о результативных показателях перевозок (количество фактически перевезённых пассажиров или скорость движение ПС на маршруте, то мы имеем ИС неопределенности.

2. Вторая проблема, возникающая при решении вероятностных задач теории систем в применении к сложным системам, заключается в том, что, хотя к таки задачам применяются хорошо развитые математические методы (теория вероятностей и её ветви – теория случайный процессов, теория операций и т.д.). Тем не менее легко поддаются решению лишь случаи с простейшей структурой. Обычно это параллельная структура. Причем для систем с последовательной структурой (особенно для сложных систем с разветвленной структурой) решение задач наталкивается на большие трудности. В данном случае, когда финансирование проектов развития пассажирских транспортных систем осуществляется за редким исключением фактически из одного источника (бюджетное финансирование), а транспортная система распределена по огромного географическому пространству, то формируется «громоздкая» разветвленная система с большим количеством последовательных и параллельных подсистем.

3. Третья проблема, вытекает из первых двух озвученных проблем. Она возникает, как при решении при как при решении детерминистических, так и вероятностных задач исследования систем. Это так называемая задача размерности. Она заключается в том, что успешное исследование сложных систем невозможно без дополнительных (по отношению к простым системам) серьёзных мер, учитывающих факторы сложности: большое количество блоков и развитость связей между ними.

4. Четвертая научная проблема, интегральная и синтезирующая предыдущие аспекты, заключается в пролонгированном дефиците релевантного математического инструментария, способного

комплексно решать поставленные задачи для определенных классов систем. Данное обстоятельство обусловливает необходимость применения широкого спектра гетерогенных математических и эвристических подходов, базирующихся на различных методологических основаниях. К ним относятся методы комбинаторного анализа, теории графов, эвристического поиска, линейного и динамического программирования, а также специализированные алгоритмы принятия решений и прочие аналитические техники.

Для решения указанных проблем важнейшее значение имеет разработка таких вероятностных методов расчёта, во-первых, точность которых мало зависит от точности задания вероятностных распределений параметров блоков, а, во-вторых, в виду большого объёмов данных имеют высокую вычислительную производительность [10; 11].

Для решения поставленных проблем применительно к пассажирским транспортным системам последовательно решим три основные задачи исследования систем: представление, анализ и синтез [12].

Архитектура представления системы базируется на методологии формирования дискретных блоков морфологических матриц, предназначенных для сценарного анализа с учетом критериев эффективности или оценочных функционалов. В этом контексте необходимо разработать инструментарий для расчета и детерминации весовых коэффициентов, которые будут характеризовать каждый конкретный сценарий. Далее будет представлена конфигурация отдельного элементарного модуля системы.

В таблице 1 сформован единый логический оператор (блок) до разработки эффективной структуры распределения ресурсов в пассажирской транспортной системе. ЛО является базовым элементом проектируемой системе распределения ресурсов. Элементарным показателем является оценочный функционал $\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, ..., \varphi_i, ..., \varphi_m)$, который характеризует эффективность эксплуатации отдельных видов транспорта для отдельный взаимоисключающих

информационных ситуаций (ИС). Взаимоисключающие ИС среды находиться в состояниях $\Theta_j = Q_j P_j \in \Theta$. Под информационным состоянием (ИС) понимается классификация объектов пассажирской транспортной системы, каждый из которых требует индивидуального распределения ресурсов (финансирования) [13; 14].

Таблица 1.

Элементарная логическая матрица оценочного функционала для отдельных видов транспорта

R_1		Q – множество информационных ситуаций (ИС) для различных видов транспорта					$Э_i^p$- эффективность по критерию Байса
		ИС$_1$ $- Q_1 P_1$	…	ИС$_2$ $- Q_j P_j$	…	ИС$_n$ $- Q_n P_n$	
Ф – различные виды транспорта	φ_{c1}	f_{11}	…	f_{1j}	…	f_{1n}	$Э_{c1}^p = \sum_{j=1}^{n} P_j f_{j1}$
	…	…	…	…	…	…	…
	φ_c	f_{i1}	…	f_{ij}	…	f_{mj}	$Э_{ci}^p = \sum_{j=1}^{n} P_j f_{jc}$
	…	…	…	…	…	…	…
	φ_{cm}	f_{m1}	…	f_{in}	…	f_{mn}	$Э_{cm}^p = \sum_{j=1}^{n} P_j f_{jm}$

В пределах одного логического оператора (ЛО) полная совокупность взаимоисключающих ИС описывается набором вариантов $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2, ..., \Theta_j, ..., \Theta_n)$, удовлетворяющих следующим условиям:

- Сумма вероятностей реализации каждого ИС равна единице
- Распределение ресурсов между ИС соответствует их относительной важности
- Общий объем ресурсов для ЛО остается константой.

$$\begin{cases} P_{ij} = P\{\Theta_j\},\ \sum_{j=1}^{n} P_j = 1 \\ R_{ij} = R\{\Theta_j\},\ \sum_{j=1}^{n} R_j = R_i^{ло} \end{cases} \quad (1)$$

где P_{ij} – распределение вероятностей для j-го ИС, на i-ом виде транспорта на элементарном ЛО;

R_{ij} – оценочный показатель распределения ресурсов, соответ-

ствующих (тождественный) коэффициенту относительной важности при отдельном показателе эффективности для j-го ИС, на i-ом виде транспорта в элементарном ЛО;

$R_i^{ло}$– оценочный показатель распределения ресурсов для i-ого вида транспорта в элементарном ЛО

Примем отдельный показатель эффективности как f_{ij}, который обозначает, что он принял конкретное численное значение, если среда находится в состоянии Θ_j. В данном случае мы оцениваем функционал отдельного вида транспорта на отдельном объекте пассажирской транспортной системы в элементарном ЛО. В качестве показателей могут эффективности выступать показатели производительности, показатели производственно-технической базы (ПТБ), экономические показатели, экологические показатели, показатели системы обеспечения безопасности движения и т.д. Тогда структура показателей для элементарного ЛО примет вид

$$\|F\| = \begin{bmatrix} f_{11} & \cdots & f_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1} & \cdots & f_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Результаты и обсуждения

Для построения комплексной модели распределения ресурсов в пассажирском транспорте, интегрирующей все подсистемы (рис. 1), необходимо провести всестороннее исследование её функциональной архитектуры с учётом заданных ограничений, условий и допущений.

Очевидно, что критерии оценки эффективности для различных видов транспорта существенно зависят от конкретных условий эксплуатации, таких как особенности муниципальных образований или регионов. Следовательно, проектируемая структура системы должна обладать двумя ключевыми свойствами: полнотой охвата характерных информационных состояний и гибкостью адаптации к специфическим прикладным контекстам. Для решения этой задачи целесообразно обратиться к понятийному аппарату теории многоуровневых иерархических систем [3], адаптировав его к потреб-

ностям настоящего исследования. В рамках классического подхода данной теории [3] архитектура системы формируется через выделение отдельных страт (рисунок 2), что позволяет эффективно организовать сложные взаимосвязи между элементами системы.

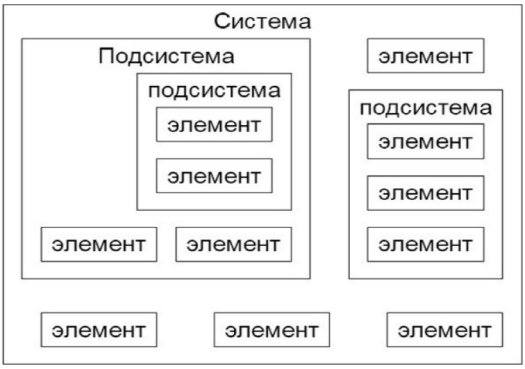

Рис. 1. Общая форма представления сложной системы [3]

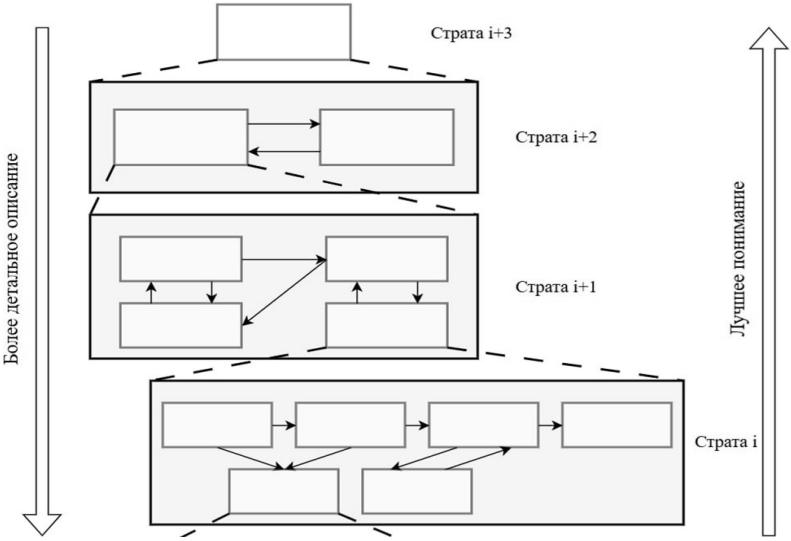

Рис. 2. Представление иерархической системы с применением понятия «страта» [3]

Согласно рисунку 2, каждая страта системы объединяет эле-

менты с установленными взаимосвязями и выявленными закономерностями взаимодействий. Произвольное расположение функциональных компонентов внутри страты создает внутреннюю энтропию системы. Для управления распределением пассажиропотока между различными видами транспорта вводится понятие логического оператора (ЛО). Совокупность ЛО в пределах одного эшелона обозначается как «район», что формирует дифференцированную структуру показателей на первом уровне управления ресурсами. Согласно теории многоуровневых систем, ЛО располагаются на нижнем иерархическом уровне и выступают объектами управления (рисунок 3).

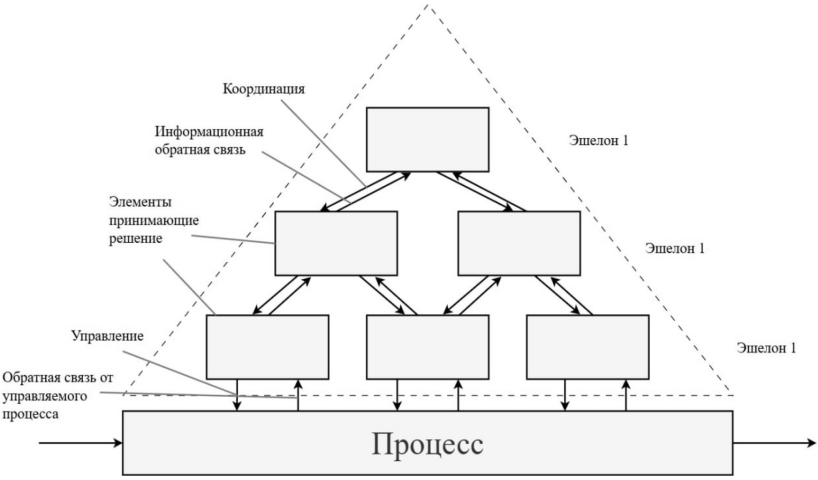

Рис. 3. Много-эшелонная иерархическая система принятия решений [3]

Нижний уровень управления включает множество логических операторов (ЛО), воздействующих на различные аспекты производственного процесса. В транспортной отрасли это соответствует традиционному разделению на функциональные подсистемы: организацию перевозок, техническую эксплуатацию, материально-техническое снабжение и управление персоналом.

В рамках архитектуры системы группы одноуровневых ЛО

объединяются в структурные блоки. Согласно классической теории стратификации, элементы могут группироваться как в пределах одного уровня (формируя «эшелон»), так и across различных уровней системы.

Для устранения терминологических противоречий в многоуровневых транспортных системах предлагается ввести понятие «район» как совокупность ЛО в пределах одного эшелона. Такая структура позволяет создать дифференцированную систему показателей распределения ресурсов на первом уровне управления:

$$\|F_1\| = \begin{bmatrix} f_{11}^{sr} & \cdots & f_{1n}^{sr} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{m1}^{sr} & \cdots & f_{nn}^{sr} \end{bmatrix} \quad (2)$$

где f_{ij}^{sr} – оценочный функционал i-го вида транспорта ($i = 1 \ldots m$) для j-го информационного состояния, тождественному измерителю или критерию эффективности ($j = 1 \ldots n$) для s-го логического оператора ($s = 1 \ldots k$) в r-ом «районе» или подсистеме транспортного производства ($r = 1 \ldots p$).

Основу управленческой структуры пассажирских перевозок формирует базовый уровень, который выполняет двойную функцию: фиксирует текущее состояние системы и одновременно управляется как основной объект регулирования. В отличие от последующих уровней, структура первого иерархического уровня остается инвариантной относительно изменений целеполагания. Формирование вышестоящих уровней требует учета трех ключевых аспектов: включения строго определенного количества связей, отражающих целевые установки; реализации детерминированной последовательности вычислений, образующей упорядоченную систему взаимосвязей; и выбора оптимальной конфигурации из множества альтернативных структур. Вариативность моделирования обусловлена возможностью различной интерпретации значимости связей даже при фиксированном составе элементов. Следовательно, критически важным этапом проектирования становится сравнительный анализ multiple вариантов организации взаимосвязей

между уровнями системы.

Заключение

Структурно системы распределения ресурсов (РР-системы) представляют собой сложные динамические образования, состоящие из значительного и нестабильного количества элементов, которые классифицируются по качественным результативным показателям и требуют организации в виде отдельных подсистем. В состав этих систем входят как внутренние элементы, функционирующие в установленных границах – например, предприятия пассажирских перевозок, объекты инфраструктуры и сервисные организации по обслуживанию подвижного состава, – так и элементы внешней среды, такие как объёмы перевозок, изменчивая маршрутная структура и другие факторы. Связи между компонентами РР-систем носят иерархический и изменчивый во времени характер, а сама система функционирует в условиях значительной информационной неопределённости, обусловленной разнородностью влияющих факторов. Вследствие этой сложности объективная оценка эффективности РР-систем возможна только при использовании advanced аналитических инструментов, основанных на теории принятия решений в условиях неопределённости.

Список литературы

1. Перегудов, Ф. И., & Тарасенко, Ф. П. (1989). *Введение в системный анализ*. Москва: Высшая школа. 368 с. ISBN: 5-06-001569-6. EDN: https://elibrary.ru/TFPWJJ
2. Клир, Дж. (1990). *Системология. Автоматизация решения системных задач*. Москва: Радио и связь. 539 с.
3. Месарович, М., & Такахара, И. (1978). *Общая теория систем: математические основы*. Москва: Мир.
4. Попов, Э. В., Фоминых, И. Б., Кисель, Е. Б., & Шапот, М. Д. (1996). *Статические и динамические экспертные системы*. Москва: Финансы и статистика.
5. Сурмин, Ю. П. (2003). *Теория систем и системный анализ: учеб-*

ное пособие. Киев: МАУП. 368 с.

6. Купер, Дж., & Макгиллем, М. (1989). *Вероятностные методы анализа сигналов и систем*. Москва: Мир. 376 с.
7. Отнес, Р., & Эноксон, Л. (1982). *Прикладной анализ временных рядов*. Москва: Мир. 428 с.
8. Поспелов, Д. А. (1986). *Ситуационное управление: теория и практика*. Москва: Наука.
9. Тарасенко, Ф. П. (2004). *Прикладной системный анализ (Наука и искусство решения проблем): учебник*. Томск: Издательство Томского университета. 186 с. ISBN: 5-7511-1838-3. EDN: https://elibrary.ru/TFPWDF
10. Терентьев, А. В., Ефименко, Д. Б., & Карелина, М. Ю. (2017). Методы районирования как методы оптимизации автотранспортных процессов. *Вестник гражданских инженеров*, *6*(65), 291–294. https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294. EDN: https://elibrary.ru/YPNFZF
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, *36*, 149–156.
12. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., Stroev, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport performance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business and Management Research*, *61*, 167–171. EDN: https://elibrary.ru/WHRSRR
13. Terentiev, A. V., Evtiukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. В *Advances in Economics, Business and Management Research* (Т. 128, с. 765–772). *International Scientific Conference «Far East Con» (ISCFEC 2020)*.
14. Terentyev, A. V., Karelina, M. Yu., Cherepnina, T. Yu., Linnik, D. A., & Demin, V. A. (2020). Digital object-oriented control models in automobile-road complex systems. *IOP Conference Series: Materials*

Science and Engineering, *832*, 012058. https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012058. EDN: https://elibrary.ru/LTGFWV

References

1. Peregudov, F. I., & Tarasenko, F. P. (1989). *Introduction to systems analysis*. Moscow: Vysshaya Shkola. 368 pp. ISBN: 5-06-001569-6. EDN: https://elibrary.ru/TFPWJJ
2. Klir, J. (1990). *Systemology. Automation of solving system problems*. Moscow: Radio i Svyaz. 539 pp.
3. Mesarovic, M., & Takahara, Y. (1978). *General systems theory: Mathematical foundations*. Moscow: Mir.
4. Popov, E. V., Fominykh, I. B., Kisel, E. B., & Shapot, M. D. (1996). *Static and dynamic expert systems*. Moscow: Finansy i Statistika.
5. Surmin, Yu. P. (2003). *Systems theory and systems analysis: Textbook*. Kyiv: MAUP. 368 pp.
6. Cooper, J., & McGilllem, C. D. (1989). *Probabilistic methods for signal and system analysis*. Moscow: Mir. 376 pp.
7. Otnes, R., & Enochson, L. (1982). *Applied time series analysis*. Moscow: Mir. 428 pp.
8. Pospelov, D. A. (1986). *Situational management: Theory and practice*. Moscow: Nauka.
9. Tarasenko, F. P. (2004). *Applied systems analysis (Science and art of problem solving): Textbook*. Tomsk: Tomsk University Press. 186 pp. ISBN: 5-7511-1838-3. EDN: https://elibrary.ru/TFPWDF
10. Terentyev, A. V., Efimenko, D. B., & Karelina, M. Yu. (2017). Zoning methods as methods for optimizing road transport processes. *Bulletin of Civil Engineers*, *6*(65), 291–294. https://doi.org/10.23968/1999-5571-2017-14-6-291-294. EDN: https://elibrary.ru/YPNFZF
11. Terentyev, A., Evtiukov, S., & Karelina, M. (2017). A method for multi-criteria evaluation of the complex safety characteristic of a road vehicle. *Transportation Research Procedia*, *36*, 149–156.
12. Moiseev, V. V., Terentyev, A. V., Stroev, V. V., & Karelina, M. Yu. (2018). Enhancement of economic efficiency of transport perfor-

mance using multi-criteria estimation. *Advances in Economics, Business and Management Research*, *61*, 167–171. EDN: https://elibrary.ru/WHRSRR

13. Terentiev, A. V., Evtiukov, S. S., & Karelina, E. A. (2020). Development of zoning method for solving economic problems of optimal resource allocation to objects of various importance in context of incomplete information. In *Advances in Economics, Business and Management Research* (Vol. 128, pp. 765–772). *International Scientific Conference «Far East Con» (ISCFEC 2020)*.
14. Terentyev, A. V., Karelina, M. Yu., Cherepnina, T. Yu., Linnik, D. A., & Demin, V. A. (2020). Digital object-oriented control models in automobile road complex systems. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *832*, 012058. https://doi.org/10.1088/1757-899X/832/1/012058. EDN: https://elibrary.ru/LTGFWV

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Халтурин Роман Александрович, кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Управления координации научных исследований
Государственный университет управления (ГУУ)
пр-т Рязанский, 99, г. Москва, 109542, Российская Федерация
ra_khalturin@guu.ru

Судоргин Роман Олегович, кандидат экономических наук, научный сотрудник Управления координации научных исследований
Государственный университет управления (ГУУ)
пр-т Рязанский, 99, г. Москва, 109542, Российская Федерация
ro_sudorgin@guu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Roman A. Khalturin, Ph.D. of Economic Sciences Associate Leading Research Researcher in Coordination Office

State University of Management
99, Ryazansky Ave., Moscow, 109542, Russian Federation
ra_khalturin@guu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8499-3737
SPIN-code: 8883-0316

Roman O. Sudorgin, Ph.D. of Economic Sciences Research Researcher in Coordination Office
State University of Management
99, Ryazansky Ave., Moscow, 109542, Russian Federation
ro_sudorgin@guu.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8499-3737

Поступила 04.09.2025
После рецензирования 02.10.2025
Принята 05.10.2025

Received 04.09.2025
Revised 02.10.2025
Accepted 05.10.2025