

DOI: 10.12731/2227-930X-2025-15-3-393

EDN: FFPUKV

УДК 656.078



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Р.А. Халтурин, М.Г. Плетнёв, И.Ю. Кашистанов

Аннотация

Обоснование. Управление распределением ресурсов в транспортном комплексе значительно осложняется наличием неопределенных информационных состояний, характерных для таких сложных многоуровневых систем. Традиционные модели управления часто оказываются неадекватными, так как не в полной мере учитывают эту стохастическую неопределенность и эргатическую природу системы, предполагающую взаимодействие разнородных технических элементов и человеческих коллективов с потенциально противоречивыми целями. Это обуславливает необходимость разработки специализированных аналитических моделей, основанных на robust mathematical аппарате, таком как теория энтропии, для формализации процессов принятия решений и повышения эффективности распределения ресурсов в условиях неполной информации.

Цель – разработка аналитических моделей управления системой распределения ресурсов в транспортном комплексе, основанных на принципах измерения энтропии и теории принятия решений в условиях неопределенности, направленных на формализацию процедур оценки эффективности и выбора оптимальных решений.

Материалы и методы. В исследовании используются теоретические основы энтропии К. Шеннона для количественной оценки неопределенности в системе. Основным методическим инструментом

является модель исследования функций неопределенности второго рода, предназначенная для систем с дискретными состояниями, какими являются системы распределения ресурсов. Для формирования системы распределения вероятностей информационных состояний применяется модель, основанная на оценках Фишберна. Математический аппарат включает построение матриц оценочных функционалов (2) для различных вариантов решений и критериев. Анализ эффективности решений проводится с использованием графоаналитической модели для множества взаимоисключающих вариантов, в частности, и для априорных распределений вероятностей.

Результаты. Разработана и представлена графоаналитическая модель определения эффективности в системе, иллюстрирующая пространство решений для заданного предпочтения априорных. Показано, что применение модели, основанной на оценках Фишберна, решает основную задачу снятия неопределенности. Однако установлено, что только эта модель не позволяет выявить вероятностные характеристики, соответствующие максимуму оценочного функционала на всем множестве состояний внешней среды. Для решения этой проблемы модель дополнена условием целеполагания (4). Кроме того, продемонстрированы принципиальные отличия между методом оценок Фишберна и альтернативными методами – методом районирования по принципу доминирования вероятностей возможных состояний внешней среды (ДВСС) и методом районирования по принципу соблюдения иерархического соотношения вероятностей возможных состояний внешней среды (СИСС). Проведен сравнительный анализ этих методов на гипотетическом примере.

Ключевые слова: распределение ресурсов; транспортный комплекс; энтропия; неопределенность; информационное состояние; оценки Фишберна; оценочный функционал; принятие решений; методы районирования; распределение вероятностей

Для цитирования. Халтурин, Р. А., Плетьев, М. Г., & Каштанов, И. Ю. (2025). Аналитические модели управления в системе распределения ресурсов транспортного комплекса. *Transportation*

and Information Technologies in Russia, 15(3), 203–221. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-393>

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

ANALYTICAL MANAGEMENT MODELS IN THE TRANSPORT COMPLEX RESOURCE ALLOCATION SYSTEM

R.A. Khalturin, M.G. Pletnev, I.Yu. Kashtanov

Abstract

Background. The management of resource allocation in a transport complex is significantly complicated by the presence of uncertain informational states, a characteristic feature of such complex, multi-level systems. Traditional management models often prove inadequate as they fail to fully account for this stochastic uncertainty and the ergatic nature of the system, which involves interaction between heterogeneous technical elements and human collectives with potentially conflicting goals. This necessitates the development of specialized analytical models based on robust mathematical apparatuses, such as entropy theory, to formalize decision-making processes and increase the efficiency of resource distribution under conditions of incomplete information.

Purpose. To develop analytical models for managing the resource allocation system in a transport complex, based on the principles of entropy measurement and the theory of decision-making under uncertainty, aimed at formalizing the procedures for evaluating efficiency and selecting optimal solutions.

Materials and methods. The study employs the theoretical foundations of K. Shannon's entropy to quantify uncertainty within the system. The core methodological tool is the model for researching second-order uncertainty functions, designed for systems with discrete states, such as resource allocation systems. To form a system of probability distributions for informational states, a model based on Fishburn's estimates is used. The

mathematical apparatus includes constructing matrices of evaluation functionals (2) for various decision options and criteria. The analysis of solution efficiency is conducted using a graphical model for a set of mutually exclusive options, particularly for, and for a priori probability distributions.

Results. A graphical model for determining efficiency within the system was developed and presented, illustrating the solution space for a given preference of a priori probabilities. The application of the model based on Fishburn's estimates was shown to solve the primary task of reducing uncertainty. However, it was established that this model alone does not identify the probability characteristics corresponding to the maximum of the evaluation functional across the entire set of external environment states. To address this, the model was supplemented with a targeted condition (4). Furthermore, the fundamental differences between the method of Fishburn's estimates and alternative methods – the zoning method by the principle of dominance of probabilities of possible states of the external environment (DPPSE) and the zoning method by the principle of maintaining the hierarchical ratio of probabilities of possible states of the external environment (MHRPSE) – were demonstrated. A comparative analysis of these methods was conducted using a hypothetical example.

Keywords: resource allocation; transport complex; entropy; uncertainty; informational state; Fishburn's estimates; evaluation functional; decision-making; zoning methods; probability distribution

For citation. Khalturin, R. A., Pletnev, M. G., & Kashtanov, I. Yu. (2025). Analytical management models in the transport complex resource allocation system. *Transportation and Information Technologies in Russia*, 15(3), 203–221. <https://doi.org/10.12731/3033-5965-2025-15-3-393>

Введение

Любая модель структуры в системе распределения ресурсов (РР-системе) пассажирского транспорта опирается на базовый уровень (эшелон) технологических показателей. Именно на этом уровне отражены реальные показатели текущего состояния системы, которые по сути являются объектами управления. Можно ска-

зять, что структура первого иерархического уровня не изменяется в зависимости от общего или частного целеполагания в системе. Но, при формировании структуры второго и последующих необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. В модель структуры исследуемой системы должно включаться строго определенное количество связей, которые, отражают установленное целеполагание. При этом важна не только количественная оценка связей (какие элементы в блоках взаимодействуют между собой), но и качественная оценка отражающая степень влияния каждого из показателей на исследуемый процесс.
2. Модель структуры исследуемой системы должна отражать строго определенную последовательность вычислений, которая формирует упорядоченную систему связей между элементами [15]. Таким образом последовательная совокупность связанных между собой элементов в системе формируют алгоритм «черного ящика», который может быть различен для любых систем, построенных на полностью однородной элементарной основе. Поэтому, как правило, трудности построения модели структуры являются одновременно и трудностями построения моделей «черного ящика».
3. Достижение конкретного целеполагания в системе требует построения оптимальной модели при достаточно большом количестве возможных альтернативных структур. Количество возможных вариантов, как правило, определяется числом элементов, страт и эшелонов. Выбор из имеющихся или вариантов построения модели специально для конкретного случая должен осуществляться без субъективных оценок этих обстоятельств. Но даже при зафиксированном составе модель структуры переменна – из-за возможности по-разному определить существенность связей.

Поэтому при проектировании модели структуры распределения ресурсов применительно к пассажирским транспортным си-

стемам необходимо последовательно решать три основные задачи исследования систем: представление, анализ и синтез.

Материал и методы

Задачи представления, расчёта, анализа и синтеза систем имеют основополагающее 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 состоянии, не позволяющим выявить её стохастические параметры) [1-3]. Наличие в пассажирской системе всех перечисленных признаков, включая признаки неопределенного информационного состояния (ИС) приводит к значительной сложности при решении задач, связанных с изучением данного вида систем.

Основным инструментом исследования сложных систем в условиях неопределенности является научный подход, основанный на определении количества энтропии К. Шеннона. Для системы дискретными состояниями, какими является РР-системы наиболее апробированной моделью определения меры неопределенности является, так называемая модель исследования функция неопределенности второго рода. Применение данной модели и её решения, основанное на оценках Фишберна [4] позволяет сформировать систему распределения вероятностей ИС.

Теоретические исследования

Для формирования системы распределения вероятностей ИС используется следующая модель:

$$\begin{cases} H(P_1, P_2, \dots, P_n) = P_1^n \cdot P_2^{n-1} \cdot \dots \cdot P_n^1 = \prod_{k=1}^n P_k^{n-k+1} \\ P_j = \frac{2(n-j+1)}{n+1}, j = 1, \dots, n \end{cases} \quad (1)$$

где n – количество исследуемых функций ценности или критериев целеполагания

Данная система измерения неопределенности обладает тем свойством, что её максимум достигается на так называемых оценках Фишберна, при условии простого предпочтения $P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_n \geq 0$. Что позволяет достаточно просто решить задачу определения коэффициентов относительной важности (КОВ) тождественным ИС.

В таблице 1 приведен ряд решений, основанный на модели оценки вероятностных характеристик, соответствующих максимуму неопределенности в исследуемой системе.

Таблица 1.

Решения задачи снятия неопределенности, основанное на оценках Фишберна

N	Φ	p1	p2	p3	p4
2	$F_1 \approx F_2$	1/2	1/2	-	-
	$F_1 \succ F_2$	2/3	1/3	-	-
3	$F_1 \approx F_2 \approx F_3$	1/3	1/3	1/3	-
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3$	2/4	1/4	1/4	-
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3$	2/5	2/5	1/5	-
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3$	3/6	2/6	1/6	-
4	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \approx F_4$	1/4	1/4	1/4	1/4
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \approx F_4$	2/5	1/5	1/5	1/5
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \approx F_4$	2/6	2/6	1/6	1/6
	$F_1 \approx F_2 \approx F_3 \succ F_4$	2/7	2/7	2/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \approx F_4$	3/7	2/7	1/7	1/7
	$F_1 \succ F_2 \approx F_3 \succ F_4$	3/8	2/8	2/8	1/8
	$F_1 \approx F_2 \succ F_3 \succ F_4$	3/9	3/9	2/9	1/9
	$F_1 \succ F_2 \succ F_3 \succ F_4$	4/10	3/10	2/10	1/10

Рассмотрим возможность не ограничиваться решением задачи на основании одного отдельно взятого предпочтения из ряда возмож-

ных априорных вероятностей, то есть, будем рассматривать полное множество распределения априорных вероятностей \hat{P}_j . Тогда данное множество может быть представлено в виде прямоугольного единичного гипертетраэдра в информационном пространстве $(n - 1)$ независимых величин $\sum_{j=1}^{n-1} \hat{P}_j$. В декартовой системе координат данный гипертетраэдр формируется пересечением положительного гипероктанта гиперплоскостью, отсекающей на каждой из осей отрезок, равный единице. При $n = 3$ поле распределений априорных вероятностей трансформируется в прямоугольный треугольник с единичными катетами (рисунок 1). Используя данные таблицы 1 определим координаты точек, являющиеся решением модели снятия неопределенности в соответствии с оценками

Фишберна для информационного состояния: $P_1 \geq P_2 \geq P_3$.

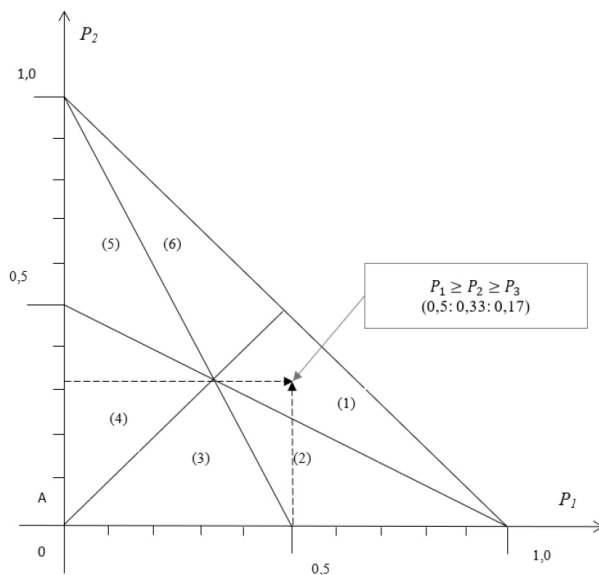


Рис. 1. Поле распределений информационных состояниями для \hat{P}_j , при $P_3 = 3! = 6$

Далее не вызовет затруднений определить оценки вероятностных характеристик для $n = 3! = 6$ с целью изучения полного ИС с

учетом полного факторного пространства, влияющего на получение возможных решений (рисунок 2).

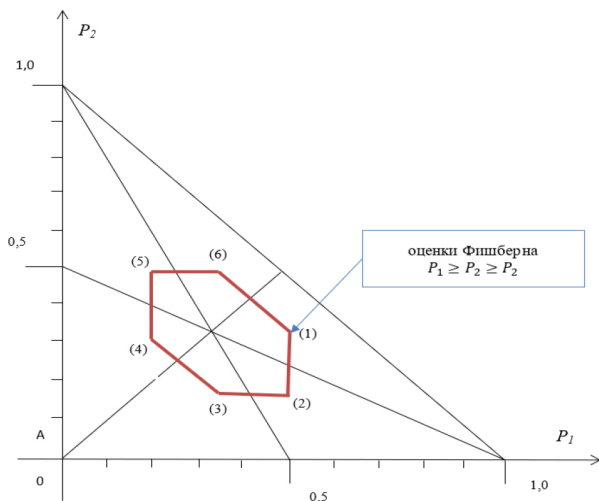


Рис. 2. Поле распределений информационных состояниями для P_j , по Фишберну, при $P_3 = 3! = 6$

На рисунке 2 мы видим, что оценки Фишберна для всех ИС представимы в виде некоторого замкнутого контура, причем для каждого из рассматриваемых предпочтений это будет отдельное единичное значение, одинаковое для их совокупность будет формировать множество $\{(1), (2), \dots, (6)\}$. Как уже отмечалось на множестве оценок Фишберна априори достигается максимум неопределенности, но данное, но получение параметров вероятностных характеристик, соответствующих максимуму снятия неопределенности, не означает достижения максимума эффективности исследуемой функции.

Исследование всех возможных ИС и выявлением определение эффективности исследуемой системы требует уточнения, которое производится на завершающем этапе по критерию Байеса [5]. Для многокритериальной задачи с присущим со множеством взаимоисключающих вариантов $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_j, \dots, \Theta_n)$,

соответствующим основным показателям «производительности» в тех или иных условиях эксплуатации необходимо определить и задать основной показатель эффективности или полезности (оценочный функционал) $\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i, \dots, \varphi_m)$. Обозначим этот показатель как F , а измеритель f_{ij} будет обозначать, что он принял конкретное численное значение (показатель), если среда находится в состоянии Θ_j , а мы оцениваем функционал φ_i . Тогда матрица оценочного функционала для различных вариантов решений примет вид:

$$\|F_{ij}\| = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \dots & f_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{m1} & f_{m2} & \dots & f_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

где i – текущее значение варианта принятия решений, $i = 1, m$; j – текущее значение критерия принятия решений, $j = 1, n$

Результаты и обсуждения

Рассмотрим графоаналитическую модель определения эффективности в исследуемой системе (рисунок 3) на одном из множества взаимоисключающих вариантов $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_j, \dots, \Theta_n)$ при $n = 3$, и для одного из предпочтений, соответствующего априорной вероятностей \hat{P}_j (таблица 2).

Таблица 2.
Геометрическое поле распределения априорных вероятностей \hat{P}_j .

Подмножество	Соотношение априорных вероятностей \hat{P}_j .
(1)	$\hat{P}_{j_1} < \hat{P}_{j_2} < \hat{P}_{j_3}$

На рисунке 3 множество точек плоскости, ограниченной треугольником AOD является совокупность вероятностных характеристик соответствующих предпочтению $\hat{P}_{j_1} < \hat{P}_{j_2} < \hat{P}_{j_3}$, а множество точек плоскости, ограниченной треугольником $A_{\varphi} O_{\varphi} D_{\varphi}$ является множеством точек соответствующих оценочному функционалу для исследуемой PP-системы на всем множестве CBC. Точка

(Φ) является одним из возможных решений, определимым в соответствии с моделью оценок Фишберна. Из рисунка 3 нетрудно сделать вывод, что применение модели, основанной на оценках Фишберна, решает основную задачу снятия неопределенности в исследуемой системе.

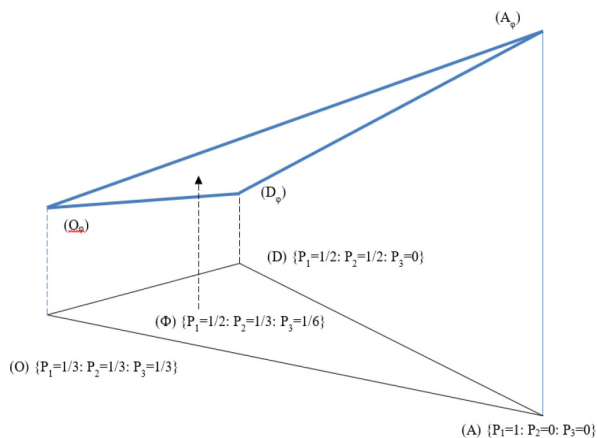


Рис. 3. Графоаналитическую модель определения эффективности на одном из множества взаимоисключающих вариантов $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_j, \dots, \Theta_n)$ при $n = 3$ для одного из предпочтений $\hat{P}_{j_1} < \hat{P}_{j_2} < \hat{P}_{j_3}$,

Однако, модель оценок Фишберна не позволяют решить другую не маловажную задачу РР-систем – выявить значения вероятностных характеристик ИС соответствующее максимуму оценочного функционала $\Phi = (\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_j, \dots, \varphi_m)$ на всем множестве взаимоисключающих вариантов $\Theta = (\Theta_1, \Theta_2, \dots, \Theta_j, \dots, \Theta_n)$ состояний, определяемых внешней средой. Согласно рисунку 3 максимум оценочного функционала по Фишберну достигается только при условии, что в случае прикладных задач фактически исключается:

$$f_{11} = f_{12} = \dots = f_{1j} = \dots = f_{1n} \quad (3)$$

Тогда решение системы, определяющие оценочный функционал при различных сценариях (в нашем случае это различные виды транспорта) должен быть дополнен условием целеполагания

$$\max_i B(p, \varphi_c^{ij}) = \begin{cases} \max B \sum_{j=1}^n P_j f_{jc}; & \varphi_c \in \Phi \\ \text{или} \\ \min B \sum_{j=1}^n P_j f_{jc}; & \varphi_c \in \Phi \end{cases}, \quad (4)$$

где i – текущее значение варианта принятия решений, $i = 1, m$

В ряде научных публикаций в течение последних лет исследуется возможность применять для решений подобного характера методы районирования, при этом под районированием (разбиением на отдельные районы) подразумевается определение областей эффективных решений, соответствующих каждому из рассматриваемых сценариев при $0 \leq P_j \leq 1$ [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Постановка многокритериальной задачи векторной оптимизации в случае применения методов районирования

$$\begin{cases} K_1 = f_{11}p_1 + f_{21}p_2 + \dots + f_{n1}p_n \rightarrow \max \\ K_2 = f_{12}p_1 + f_{22}p_2 + \dots + f_{n2}p_n \rightarrow \max \\ \dots \\ K_n = f_{1n}p_1 + f_{2n}p_2 + \dots + f_{nn}p_n \rightarrow \max \\ p_1 + p_2 + \dots + p_n = N \end{cases} \quad (5)$$

Определим условия и ограничения:

$$p_i = \begin{cases} N, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}, \quad j = 1, n-1 \quad i = 1, m, \quad (6)$$

Различают две модели районирования. Принципиальным отличием метода районирования по принципу доминирования вероятностей возможных состояний внешней среды (ДВСС) от метода районирования по принципу соблюдения иерархического соотношений вероятностей возможных состояний внешней среды (СИСС), является то, что для последнего должно выполняться предпочтение:

$$p_1 \geq p_2 \geq \dots \geq p_j \geq \dots \geq p_{n-1} \geq p_n \quad (7)$$

Покажем на гипотетическом примере принципиальные отличия между исследуемыми методами: методом оценок Фишберна, методом районирования по принципу доминирования вероятностей возможных состояний внешней среды и методом районирования по принципу соблюдения иерархического соотношений вероятностей возможных состояний внешней среды (рисунок 4).

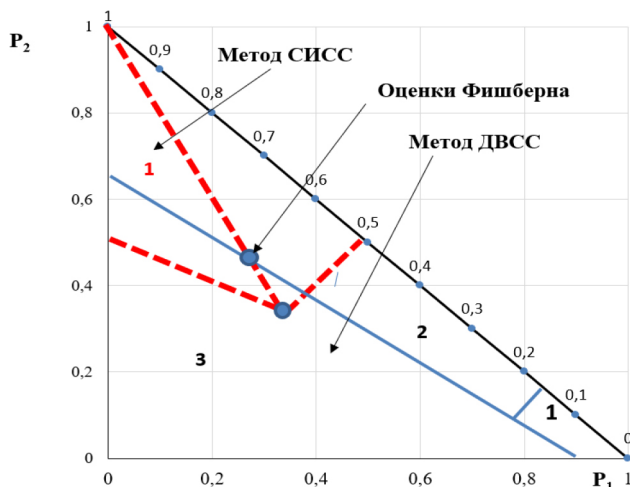


Рис. 4. Графическое представление возможных решений при условии

На рисунке 4 представлены гипотетическое распределение вероятностных характеристик для единой структуры оценочного функционала, распределенного по трём критериям эффективности. Для гипотетического случая количественные оценки рассматриваемого функционала не столь важны, главное показать принципиальные отличия между различными инструментами поиска решений и выбрать наиболее предпочтительный для исследования РР-систем.

1. Метод «оценки Фишберна» всегда будет рекомендовать единственно решение при заданном предпочтении. В случае применения модифицированной в данном исследовании модели оценок Фишберна это совокупность решений, определяемая условием (4).
2. Метод «районирования по принципу доминирования вероятностей возможных состояний внешней среды» (ДВСС) независим от устанавливаемых предпочтений, его основное назначение определить районы доминирования отдельных действий или определение вероятностных характери-

стик, соответствующим наборам эффективных решений по каждому из исследуемых вариантов (районы 1, 2 и 3, выделенные на рисунке 4). Далее в соответствии с ДВСС определяются парные границы между выявленными районами и определяются предпочтения при которых можно добиться эффективных решений.

3. Метод «районирования по принципу соблюдения иерархического соотношений вероятностей возможных состояний внешней среды» (СИСС) позволяет исследовать возможные варианты эффективных решений на всем наборе возможных предпочтений. На рисунке 4 показана одна область, соответствующая предпочтению $p_2 \leq p_3 \leq p_1$, в которой определяться эффективное решение. Следующим шагом является перебор всех возможных решений с выявлением максимального эффективного решения в каждом из предпочтений.

Заключение

На рисунке 4 показана одна область, соответствующая предпочтению $p_2 \leq p_3 \leq p_1$, в которой определяться эффективное решение. Таким образом, продемонстрированы принципиальные отличия между методом оценок Фишберна и методами районирования. Следующим шагом является перебор всех возможных решений с выявлением максимального эффективного решения в каждом из предпочтений, что позволяет выбрать наиболее подходящий инструмент для исследования РР-систем в зависимости от поставленной задачи.

Список литературы

1. Поспелов, Д. А. (1986). *Ситуационное управление: Теория и практика*. Москва: Наука.
2. 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>

3. Вентцель, Е. С. (2001). *Исследование операций. Задачи, принципы, методология*. Москва: Высшая школа. 208 с.
4. Фишберн, П. С. (1978). *Теория полезности для принятия решений*. Москва: Наука. 352 с.
5. Якушев, А. А. (2012). Принятие управленческих решений на основе системного подхода и математического моделирования. *Современные проблемы науки и образования*, 6. Получено с <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7936> (дата обращения: 10.02.2023). EDN: <https://elibrary.ru/TODQYD>
6. Терентьев, А. В. (2015). Методы решения автотранспортных задач. *Современные проблемы науки и образования*, 1. Получено с <http://www.science-education.ru/125-19863>. EDN: <https://elibrary.ru/TXUWAP>
7. Прудовский, Б. Д., & Терентьев, А. В. (2015). Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования. *Записки Горного института*, 211, 86–90. EDN: <https://elibrary.ru/TQMGRJ>
8. 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>
9. 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.
10. Moiseev, V. V., Terentiev, A. V., Stroeve, 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>
11. 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 in-

- complete information. В *Advances in Economics, Business and Management Research* (Т. 128, с. 765–772). *International Scientific Conference «Far East Con» (ISCFEC 2020)*.
12. 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.
 13. Темкин, И. О., Дерябин, С. А., & Конов, И. С. (2017). Нечёткие модели управления взаимодействием мобильных объектов горно-транспортного комплекса (ГТК). В *Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика: Материалы 1-й Международной научно-практической конференции* (4–5 декабря, Т. 1, с. 246–253). Москва: Государственный университет управления. EDN: <https://elibrary.ru/YVSQMQ>
 14. Пугачев, И. Н., Шешера, Н. Г., & Григоров, Д. Е. (2024). Исследования интенсивности транспортного потока методом Deep learning. *Мир транспорта*, 22(2), 12–24. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-2-2>. EDN: <https://elibrary.ru/VG-TIPB>
 15. Jiang, B., & Fei, Y. (2016). Vehicle speed prediction by two-level data driven models in vehicular networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (ноябрь).

References

1. Pospelov, D. A. (1986). *Situational management: Theory and practice*. Moscow: Nauka.
2. 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>
3. Ventzel, E. S. (2001). *Operations research. Problems, principles, methodology*. Moscow: Vysshaya Shkola. 208 pp.
4. Fishburn, P. S. (1978). *Utility theory for decision making*. Moscow: Nauka. 352 pp.

5. Yakushev, A. A. (2012). Making managerial decisions based on a systems approach and mathematical modeling. *Modern Problems of Science and Education*, 6. Retrieved from <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7936> (accessed: 10.02.2023). EDN: <https://elibrary.ru/TODQYD>
6. Terentyev, A. V. (2015). Methods for solving road transport problems. *Modern Problems of Science and Education*, 1. Retrieved from <http://www.science-education.ru/125-19863>. EDN: <https://elibrary.ru/TXUWAP>
7. Prudovsky, B. D., & Terentyev, A. V. (2015). Methods for determining the Pareto set in some linear programming problems. *Proceedings of the Mining Institute*, 211, 86–90. EDN: <https://elibrary.ru/TQMGRJ>
8. 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>
9. 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.
10. Moiseev, V. V., Terentyev, A. V., Stroeve, 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>
11. 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)*.
12. 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.

13. Temkin, I. O., Deryabin, S. A., & Konov, I. S. (2017). Fuzzy models of interaction control for mobile objects in the mining and transport complex (MTC). In *Step into the Future: Artificial Intelligence and Digital Economy: Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference* (December 4–5, Vol. 1, pp. 246–253). Moscow: State University of Management. EDN: <https://elibrary.ru/YVSQMQ>
14. Pugachev, I. N., Sheshera, N. G., & Grigorov, D. E. (2024). Research on traffic flow intensity using the Deep Learning method. *World of Transport*, 22(2), 12–24. <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2024-22-2-2>. EDN: <https://elibrary.ru/VGTIPB>
15. Jiang, B., & Fei, Y. (2016). Vehicle speed prediction by two-level data-driven models in vehicular networks. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* (November).

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

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

Плетнев Максим Геннадьевич, начальник Управления координации научных исследований
Государственный университет управления (ГУУ)
пр-т Рязанский, 99, г. Москва, 109542, Российская Федерация
mg_pletnev@guu.ru

Каштанов Игорь Юрьевич, аспирант
Государственный университет управления (ГУУ)
пр-т Рязанский, 99, г. Москва, 109542, Российская Федерация
iyu_kashtanov@guu.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Roman A. Khalturin, Candidate of Economic Sciences, Leading Research Fellow

State University of Management

99, Ryazansky Ave., Moscow, 109542, Russian Federation

ra_khalturin@guu.ru

Maxim G. Pletnev, Head of the Research Coordination Department

State University of Management

99, Ryazansky Ave., Moscow, 109542, Russian Federation

mg_pletnev@guu.ru

Igor Yu. Kashtanov, Postgraduate Student

State University of Management

99, Ryazansky Ave., Moscow, 109542, Russian Federation

iyu_kashtanov@guu.ru

Поступила 07.09.2025

После рецензирования 15.10.2025

Принята 17.10.2025

Received 07.09.2025

Revised 15.10.2025

Accepted 17.10.2025