

Научная статья

УДК 656.073

DOI 10.18101/2304-4446-2026-3-69-79

**Согласование интересов участников в принятии решений
о перевозке грузов в транспортно-логистической компании
на основе обработки исходной информации
с использованием игровой модели**

© **Владимирова Татьяна Александровна**

доктор экономических наук, профессор

vladtmirovatatyna@yandex.ru

© **Спицына Ирина Николаевна**

кандидат технических наук, доцент

scc@stu.ru

© **Поздеева Юлия Викторовна**

соискатель

pozdeeva@mail.RU

Сибирский государственный университет путей сообщения

Россия, 630049, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191

Аннотация. В статье рассматривается возможность практического применения методического подхода к моделированию взаимодействия сторон в процессе заключения сделки по перевозке грузов в транспортно-логистической компании — хозяйствующего субъекта железнодорожного транспорта с использованием элементов теории игр. Решение задачи связано с оптимизацией распределения ресурсов грузовых фронтов с учетом интересов как транспортно-логистической компании, так и клиентов; с повышением качества цифрового обеспечения производственных процессов; с созданием комфортного обслуживания для клиентов. В статье с использованием основных положений теории и практики управления процессами согласования заявок на перевозки грузов железнодорожным транспортом предложен алгоритм согласования заявок с учетом специфики каждого клиента с помощью экспертной системы и сравнения характеристик заявок с характеристиками грузовых фронтов (терминалов). Терминал воспринимает функцию клиента как функцию дохода, которая для клиента является затратной, которую он старается минимизировать. Конфликт сторон может быть описан антагонистической игрой с природой, в которой главной задачей для транспортной системы является гармонизация интересов сторон. Решение игры определяет выбор стратегии для клиентов и ответ на него транспортной системы, что может быть методической базой для формирования системы гибких тарифов, учитывающих интересы клиентов.

Ключевые слова: моделирование взаимодействия сторон, клиенты (потребители транспортных услуг), грузовой фронт (терминал), заявка на перевозку груза, конфликт интересов, антагонистическая игра, технологический процесс, грузовая и коммерческая работа на железнодорожном транспорте, тарифы, суточные расходы функционирования фронтов, целевые функции, задачи линейного программирования, распределение погрузочных ресурсов, цена игры.

Для цитирования

Владимирова Т. А., Спицына И. Н., Поздеева Ю. В. Согласование интересов участников в принятии решений о перевозке грузов в транспортно-логистической компании на основе обработки исходной информации с использованием игровой модели // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2026. № 3. С. 69–79.

Введение

Актуальность вопросов цифровой трансформации и развития цифровой архитектуры в логистике хозяйствующих субъектов железнодорожного транспорта России обусловлена лавинообразным усложнением социально-экономических и технологических систем, вероятностным характером бизнес-процессов и противоречивыми интересами их участников. Возникающие вследствие этого конфликты определяют необходимость гармонизации интересов сторон при управлении производственными процессами.

Для анализа таких ситуаций применима теория игр, позволяющая обосновать рациональное поведение сторон при конфликте интересов [1, 2, 3, 4, 5]. В зависимости от исходной информации решения принимаются в условиях определенности, риска или неопределенности [2, с. 549].

Методический инструментарий теории игр может быть применен для моделирования согласования интересов участников перевозочного процесса в деятельности субъектов железнодорожного транспорта, в процедурах оформления заявки на перевозку грузов.

Материалы и методы

Информационную основу исследования составили научные работы, нормативно-методологические и технологические материалы ОАО «РЖД», а также материалы по автоматизации производственных процессов транспортно-логистических операторов. Применены системный и когнитивный подходы, инструментарий теории игр и методы линейного программирования.

Результаты и обсуждение

Объект исследования — транспортно-логистическая компания железнодорожного транспорта, предмет — моделирование бизнес-процессов в транспортной сети в области согласования интересов участников (компания и клиентура) на основе согласования заявок на перевозку грузов с использованием игровой модели. Согласование заявок проводится в три этапа: сравнение характеристик заявки с характеристиками транспортной сети на определенную дату; отбор из накопленной информации субъективных технических характеристик и сравнение их с соответствующими характеристиками грузового терминала; кодирование информации о конкретном клиенте.

Несовпадение интересов участников описывается антагонистической игрой с природой, где «природа» отражает внешние факторы выбора [1, 5], прежде всего соотношение ожидаемых потерь при срыве отправки и дополнительных затрат на использование фронта с более высоким тарифом.

По классификации Хемди А. Таха наша игра будет относиться ко второй группе, будет обосновывать принятие решений в условиях риска (неопределенности), когда «стоимости альтернативных решений обычно описываются вероятностными распределениями» [2, с. 560]. Характер этих распределений обуслов-

ливается характером соотношения между характеристиками заинтересованных сторон: клиента и грузового терминала (фронта). Рассматриваемая игра является игрой с неполной (недостаточной) информацией, следовательно, возникает вопрос о характере платы за эту неполноту. Чаще всего в качестве платы выступает риск принятия неэффективных или ошибочных решений [1, 4].

В качестве «исхода конфликта» в игре с определенной вероятностью будет достигнута гармонизация интересов участников. Решение игры позволит получить распределение вероятностей целью выбора действий клиентов; вероятный дорогой ответ перевозчика; дает возможность формирования гибкой бизнес системы цен и тарифов для разных групп клиентов. Данная игра будет игрой со «случайным ходом», который представляет собой «выбор из ряда возможностей, осуществляемый не решением игрока, а каким-либо механизмом случайного выбора. Для каждого случайного хода правила игры определяют распределение вероятностей возможных исходов» [4, с. 448]. В качестве механизма случайного выбора при обработке информации о клиентах используется механизм адаптированной кодировки Шеннона — Фано, который заключается в том, что «сообщения, составленные из букв некоторого алфавита, можно закодировать так, что среднее число двоичных символов на букву будет сколь угодно близко к энтропии источника этих сообщений, но не меньше этой величины» [6, с. 3; 7].

В качестве одного из участников рассматриваемой игры выступает грузовой фронт (терминал), который представляет собой сложную технико-экономическую систему. Его функционирование определяется совокупностью параметров, отражающих особенности технологического процесса: состав и характеристики оборудования, используемый подвижной состав, режим эксплуатации и другие факторы [8, 9]. Существенное разнообразие указанных характеристик обуславливает необходимость классификации грузовых фронтов по группам, каждая из которых описывается собственной функцией затрат, зависящей от объемов выполняемых работ, их динамики, а также структуры грузопотока.

Второй стороной является клиентура, которая дифференцируется по типам в зависимости от характера формируемой функции доходов (с точки зрения грузового фронта). Для терминала клиент выступает источником дохода, тогда как для самого клиента соответствующая функция носит затратный характер и подлежит минимизации.

Результат взаимодействия определяется вероятностями выбора клиентских стратегий и ответными действиями грузового фронта. Уровень риска, транспортная составляющая и скорость изменения условий формируют диапазон допустимых тарифных решений.

Стратегия может быть представлена множеством:

$$\Theta = \{ \vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_n \} \quad (1)$$

В модели в качестве смешанной стратегии железнодорожного перевозчика рассматривается априорное распределение вероятностей $D(\vartheta)$, заданное на множестве возможных состояний внешней среды. При его формировании учитываются особенности функционирования железнодорожного транспорта, а также результаты мониторинга работы конкретной станции. Соотношение характеристик грузового фронта и клиента (выделенных по восьми типам) используется

как базис для построения матрицы рисков и потерь, отражающей соответствующую функцию потерь.

Предполагается, что перевозчик может предложить клиенту альтернативные варианты поведения: стратегия А связана с изменением даты и времени отправления груза, тогда как стратегии В предполагают выбор иного грузового фронта для отправки. При этом значения выигрышей и потерь определяются как функция состояния внешней среды (природы) и типа клиента, что позволяет учитывать вариативность условий принятия решений.

$$(p^A_1, \dots, p^A_n; q^B_1, \dots, q^B_m) = F(\Theta; \text{«type»}) \quad (2)$$

Матрицу игры представим в таблице 1. Элементы матрицы a_{ij} являются платежами в виде абсолютных величин выгод / потерь клиентов или в виде преимуществ стратегий А по сравнению со стратегиями В.

Наличие у клиента нескольких альтернатив, различающихся по вероятностным характеристикам и обусловленных сегментацией клиентской базы, предполагает использование в модели смешанных стратегий. В таких условиях поведение участников описывается через вероятностное комбинирование возможных решений. При этом значение цены игры ограничено интервалом $\alpha \leq v \leq \beta$.

Смешанная стратегия клиента может быть представлена в двух аспектах: по выбору времени отправления $SA = SA(p_1, p_2, \dots, p_m)$ и по выбору места отправки $SB = SB(q_1, q_2, \dots, q_n)$. Эти стратегии формируются на основе вероятностей соответствующих чистых стратегий. Поскольку все возможные варианты образуют полную группу событий, для них выполняется условие нормировки: $\sum p = \sum q = 1$.

Таблица 1

Матрица игры

	A_1	A_2	A_i	...	A_m
B_1	a_{11}	a_{12}	a_{1i}	...	a_{1m}
B_2	a_{21}	a_{22}	a_{2i}	...	a_{2m}
B_j	a_{j1}	a_{j2}	a_{ji}	...	a_{jm}
...	...	...	...	...	...
B_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{ni}	...	a_{nm}

Оптимальные стратегии в рассматриваемой игре определяются на основе анализа платежной матрицы и соответствующих распределений вероятностей. При этом структура матрицы в большей степени зависит от характеристик грузового фронта, тогда как параметры вероятностного распределения обусловлены особенностями конкретного типа клиента:

$$S^*_A = S^*_A(p_1, p_2, \dots, p_m); \quad (3)$$

$$S^*_B = S^*_B(q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (4)$$

Решение рассматриваемой игры осуществляется с применением методов линейного программирования. В качестве иллюстрации определим оптимальную стратегию, связанную с изменением грузового фронта. Данная стратегия должна гарантировать клиенту уровень выигрыша не ниже v при любых возможных вариантах стратегий группы В, а при реализации стратегий группы А обеспечивать достижение значения, равного v . Для положительного значения цены игры дос-

Дополнительно в расчет включаются эксплуатационные показатели, связанные с организацией работы фронтов: стоимость локомотиво-часа маневровой деятельности, длительность маневровых операций, приведенная стоимость вагоно-часа, удельные расходы на содержание складской инфраструктуры и режим функционирования фронтов в течение суток. Итоговые значения затрат представлены как в годовом, так и в суточном выражении.

На начальном этапе выполняется оценка затрат (R), выраженных в рублях, на содержание выбранных грузовых фронтов (в рассматриваемом случае — шести). Расчеты базируются на использовании матричного аппарата, включающего такие элементы, как матрица тарифных расстояний (L , км), матрица чистого времени выполнения погрузочно-разгрузочных операций (TQ , ч), постоянная фронта (A), отражающая длительность полного цикла обработки вагона, а также ограничения по максимальному числу подач (X) и вместимости фронтов (L_{f0}).

Интегральные затраты на обслуживание указанных фронтов определяются с применением модели В. В. Повороженко, А. Т. Дерибаса и А. А. Смехова [11], адаптированной к текущему уровню тарифов, цен и техническому оснащению станции. При расчетах учитывается широкий спектр параметров, характеризующих как технические, так и экономические аспекты функционирования фронтов. В их числе стоимость погрузочно-разгрузочной техники, амортизационные отчисления, нормативы загрузки вагонов, требуемый уровень рентабельности, коэффициенты сдвоенных операций, производительность оборудования, тарифные ставки персонала, интенсивность вагонопотоков, а также количество используемых механизмов или трудовых ресурсов.

На основе использования суточных расходных параметров функционирования фронтов распределяются почасовые расходы дороги равномерным либо неравномерным способом в зависимости от приоритета времени распределения работ в сутках. Равномерное распределение расходов на 24 часа представлено матрицей M (табл. 2), неравномерное распределение на разные периоды суток с помощью временных коэффициентов представлено матрицей M_1 (табл. 3).

Таблица 2

Матрица равномерного распределения расходов

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029
1	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029
2	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029	829,029
3	110,698	110,698	110,698	110,698	110,698	110,698	110,698	110,698
4	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116
5	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116	119,116

Таблица 3

Матрица неравномерного распределения расходов

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	829,029	829,029
1	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	829,029	829,029
2	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	621,772	829,029	829,029
3	83,022	83,022	83,022	83,022	83,022	83,022	110,698	110,698
4	89,337	89,337	89,337	89,337	89,337	89,337	119,116	119,116
5	89,337	89,337	89,337	89,337	89,337	89,337	119,116	119,116

На следующем этапе алгоритма с учетом принятой классификации клиентской базы производится оценка и фиксация потенциальной платежеспособности различных групп клиентов в разрезе временных интервалов суток. Результаты оформляются в виде соответствующих таблиц, отражающих зависимость готовности к оплате от времени отправления груза.

Анализ этих данных позволяет выявить категории клиентов, для которых временной фактор является критичным и которые готовы нести дополнительные расходы ради выбора более удобного интервала отправки (например, избегая утренних или вечерних периодов)

Временные предпочтения клиентов различных категорий учитываются через систему тарифных коэффициентов, варьирующихся в зависимости от интервалов суток. В программной реализации такие коэффициенты задаются в виде матриц, позволяющих отразить стоимость одного часа простоя для каждого типа обслуживания.

Далее в работу включается автоматизированный механизм формирования заявок на использование грузовых фронтов. Его функционирование основано на применении случайных вероятностных распределений, что обеспечивает имитацию реальных условий поступления заявок. При этом формируемые заявки учитывают технологические ограничения станции и соответствуют специализации доступных фронтов.

Для каждой категории клиентов в модели задаются платежно-штрафные матрицы, используемые при формировании элементов матрицы игры. Их значения рассчитываются с учетом объемов заявок на перевозку и применяются для определения параметров тарифной политики.

Третий этап алгоритма заключается в определении потенциальных возможностей грузовых фронтов в течение суток удовлетворять сгенерированные заявки клиентов. Естественно, при отсутствии необходимых для реализации заявки фронтов заявка получает категорию «отказ»¹. Число отказов может быть снижено путем выбора одного из альтернативных вариантов, минимизирующих целевые функции дороги и клиента (вероятных издержек).

Приведем пример двойственной игры с учетом позиций как железной дороги, так и клиента.

Позиция клиента:

– целевая функция клиента: $f(x) = x_0 + x_1$;

– матрица игры $M =$

309,701	1515,17
1042,396	2059,932

– $A =$

1
1

– $x_1 = 0$.

Имеем: $M \cdot x \geq A$. $x \geq 0$. $X = \text{Minimize}(f, x)$.

¹ Транспортный устав железных дорог Российской Федерации: федеральный закон N 2-ФЗ (последняя редакция) от 08.01.1998 г. [Принят Государственной Думой 19 декабря 1997 г. Одобрен Советом Федерации 24 декабря 1997 г.]. URL: www.consultant.ru (дата обращения: 24.11.2025); Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации: федеральный закон № 18-ФЗ (последняя редакция) от 10.01.2003 г. [Принят Государственной Думой 24 декабря 2002 г.]. URL: www.consultant.ru (дата обращения: 24.11.2025).

$$X = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 9,593 \cdot 10^{-4} \\ \hline \end{array}$$

$$f(X) = 9,593 \cdot 10^{-4}. v = 1/f(X) = 1,042 \cdot 10^3. P = X \cdot v. P = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 1 \\ \hline \end{array}$$

В результате определена цена игры — компромиссная цена, которую должен уплатить клиент определенного типа за смену времени отправки груза с фиксированного фронта.

Позиция перевозчика (фронта):

- целевая функция фронта — $g(y) = y_0 + y_1$;

- матрица игры $M =$

309,701	1515,17
1042,396	2059,932

- $B =$

1
1

$y_1 = 0.$

Имеем: $M \cdot y \leq B. y \geq 0. Y = \text{Minimize } (g, y).$

$$Y = \begin{array}{|c|} \hline 9,593 \cdot 10^{-4} \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}$$

$$f(Y) = 9,593 \cdot 10^{-4}. v = 1/f(Y) = 1,042 \cdot 10^3. Q = Y \cdot v. Q = \begin{array}{|c|} \hline 1 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array}$$

Равенство цены игры говорит о достоверности результата выбранного варианта принятия решения по смене времени отправки.

Проведение серии игровых моделей с учетом распределения загрузки грузовых фронтов, типологии клиентов и выбранных ими стратегий позволяет количественно оценить экономический эффект, достигаемый за счет оптимизации формирования заявок на перевозку. Данный эффект связан с более рациональным перераспределением грузовой и коммерческой работы между фронтами.

В рамках выполненного исследования при апробации экспериментальной модели, основанной на решении двух игровых задач, были получены положительные результаты. В частности, зафиксировано увеличение объема вагоно-часов эффективной загрузки фронтов на 7,6%, а также рост коэффициента их использования по доходу — с 4,55 до 4,87%.

Коэффициент использования фронтов по доходу определяется путем деления средневзвешенной величины разницы между потенциальной мощностью грузовых фронтов (пропускная способность в вагонах) и количеством отказов грузовых фронтов на сотую часть средневзвешенной величины потенциальной возможности грузовых фронтов. Взвешивание проводится по суточным расходам грузовых фронтов. Расчет проводится в матричном виде, используются матрицы

мощности, отказов и расходов i -го фронта на j -й час, i изменяется от 0 до 5, а j — от 0 до 23.

Заключение

Возможность практического применения предлагаемого методического подхода к моделированию взаимодействия сторон в процессе заключения сделки по перевозке грузов подтверждена расчетами. Решение игры на примере принятия решения о смене времени отправки груза с фиксированного фронта выявило цену игры — проигрыш клиента в виде дополнительной платы за это решение — 1042 рубля. Однако важнейшим результатом игры становится не только возможность формирования системы гибких тарифов, учитывающих интересы клиентов, но и возможность повышения эффективности перераспределения грузовых фронтов и количественного измерения эффективности их использования.

Литература

1. Нейман фон Дж., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение / перевод с английского, под редакцией и с добавлением Н. Н. Воробьева. Москва: Наука, 1987.
2. Таха Хэмди, А. Введение в исследование операций. 7-е издание: перевод с английского. Москва: Вильямс, 2005. 912 с.
3. Карлин С. Математические методы в теории игр, программировании и экономике / перевод с английского Н. А. Бодина [и др.]. Москва: Мир, 1964. 838 с.
4. Вентцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. Москва: Высшая школа, 2001. 208 с.
5. Коршунов Ю. М. Математические только основы любая кибернетики. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергия, 1980. 424 с.
6. Кодирование информации: методические указания / составители В. Д. Горбоконенко, В. Е. Шикина. Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2006. 56 с.
7. Шеннон Р. Ю. Имитационное моделирование систем — искусство и наука / перевод с английского и под редакцией Е. К. Масловского. Москва: Мир, 1978. 418 с.
8. Автоматизированная система обработки электронного паспорта грузовых фронтов. Куйбышевская и Южно-Уральская железные дороги — филиалы ОАО «РЖД». Отчеты по выполнению хоздоговорных НИР / В. Н. Варгуни, С. А. Сафронов, А. М. Ольшанский [и др.]. Самара, 2004–2010. Препринт.
9. Логистика: интеграция и оптимизация логистических бизне-процессов в цепях поставок: полный курс МВА / В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова. Москва: Эксмо, 2019. 944 с.
10. Лубенцова В. С. Математические модели и методы в логистике: учебное пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. техн. ун-та, 2018. 158 с.
11. Дерибас А. Т., Повороженко В. В., Смехов А. А. Организация грузовой и коммерческой работы на железнодорожном транспорте: учебник для студентов вузов железнодорожного транспорта. 4-е изд., переработанное и дополненное. Москва: Транспорт, 1980. 328 с.

Статья поступила в редакцию 31.07.2026; одобрена после рецензирования 24.08.2026; принята к публикации 24.08.2026.

Aligning Stakeholder Interests in Freight Transportation Decision-Making
within a Corporate Transport and Logistics Model
Based on Game-Theoretic Data Processing

Tatyana A. Vladimirova

Dr. Sci. (Econ.), Prof.

vladtmirovatatyna@yandex.ru

Irina N. Spitsyna

Cand. Sci. (Engineering), A/Prof.

scc@stu.ru

Yuliya V. Pozdeyeva

Degree Candidate

scc@stu.ru

Siberian State Transport University

191 Dusi Kovalchuk St., Novosibirsk 630049, Russia

Abstract. The article considers the practical application of a methodical approach to modeling stakeholder interaction during freight transportation contracting within a transport and logistics company operating as a railway transport entity using game theory elements. The solution to this problem involves optimizing the resource allocation of cargo fronts, balancing the interests of both the transport and logistics company and its clients. It also focuses on enhancing the quality of digital support for production processes and creating a seamless service for clients. Drawing on the fundamental principles and practices of managing the approval process for rail freight orders, we have proposed an approval algorithm tailored to the specifics of each client. This algorithm is implemented through an expert system that compares order specifications with the capabilities of cargo fronts (terminals). The terminal views the client's function as a revenue function, whereas for the client it represents a cost function to be minimized. This conflict of interest can be modeled as a zero-sum game against nature, where the primary objective of the transport system is to harmonize the interests of all parties involved. The solution to the game determines the optimal strategies for clients and the corresponding response of the transport system. This, in turn, provides a methodical foundation for developing a flexible tariff system that accounts for client interests.

Keywords: stakeholder interaction modeling, clients (consumers of transport services), cargo front (terminal), freight transportation order, conflict of interest, zero-sum game, technological process, cargo and commercial operations in railway transport, tariffs, daily operating expenses of cargo fronts, objective functions, linear programming problems, allocation of loading resources, value of the game.

For citation

Vladimirova T. A., Spitsyna I. N., Pozdeyeva Yu. V. Aligning stakeholder interests in freight transportation decision-making within a corporate transport and logistics model based on game-theoretic data processing. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2026; 3: 69–78 (In Russ.).

The article was submitted 31.07.2026; approved after reviewing 24.08.2026; accepted for publication 24.08.2026.