

УДК 681.3

Разработка алгоритма интеграции и обработки информационных ресурсов логистической организационной системы для поддержки имитационно-оптимизационного моделирования

М.М. Мурадханов✉

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия

Работа посвящена разработке алгоритма интеграции и обработки информационных ресурсов логистической организационной системы для поддержки имитационно-оптимизационного моделирования. Рассматриваются данные о заявках грузоотправителей, тарифах, ресурсах грузоперевозчиков, времени обслуживания, затратах и доходах участников логистического процесса. Предложена формальная структура информационной модели, включающая множества заявок и перевозчиков, матрицы тарифов, доступности, времени обслуживания, затрат и доходов. Представлен алгоритм преобразования разнородных мониторинговых данных в совокупность параметров, пригодных для проведения имитационных экспериментов и последующего оптимизационного выбора управленческих альтернатив. Полученные результаты могут быть использованы при построении интеллектуальной системы поддержки решений логистического оператора.

Ключевые слова: логистическая организационная система, информационные ресурсы, алгоритм интеграции данных, обработка данных, имитационное моделирование, оптимизационное моделирование.

Development of an Algorithm for Integrating and Processing Information Resources of a Logistics Organizational System to Support Simulation-Optimization Modeling

M.M. Muradkhanov✉

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

The paper is devoted to the development of an algorithm for integrating and processing information resources of a logistics organizational system to support simulation-optimization modeling. Data on shipper requests, tariffs, carrier resources, service time, costs, and revenues of logistics process participants are considered. A formal structure of the information model is proposed, including sets of requests and carriers, matrices of tariffs, availability, service time, costs, and revenues. An algorithm for transforming heterogeneous monitoring data into a set of parameters suitable for simulation experiments and further optimization-based selection of management alternatives is presented. The results can be used in the development of an intelligent decision support system for a logistics operator.

Keywords: logistics organizational system, information resources, data integration algorithm, data processing, simulation modeling, optimization modeling.

Введение

Развитие цифровых технологий в логистике приводит к увеличению объема данных, используемых при управлении грузоперевозками. В логистической

организационной системе фиксируются сведения о заявках грузоотправителей, тарифах, транспортных ресурсах, сроках выполнения заказов, загрузке перевозчиков и экономических результатах взаимодействия участников. Однако наличие большого объема данных само по себе не обеспечивает повышение качества управленческих решений. Для практического применения в интеллектуальных моделях эти данные должны быть интегрированы, очищены, формализованы и преобразованы в набор параметров, пригодных для расчетов [1].

В условиях функционирования логистической организационной системы данные поступают из различных источников: цифровых платформ, внутренних информационных систем логистического оператора, внешних API, CRM-систем, баз данных перевозчиков и отчетов о выполненных заказах. Такие данные различаются по формату, единицам измерения, полноте, периодичности обновления и степени достоверности. Поэтому перед применением имитационно-оптимизационных моделей требуется разработка алгоритма интеграции и предварительной обработки информационных ресурсов [2].

Имитационно-оптимизационное моделирование предполагает, что исходные данные должны быть представлены в виде формализованной структуры. Имитационный блок использует параметры входного потока заявок, времени обслуживания, доступности перевозчиков и ограничений системы. Оптимизационный блок использует тарифы, затраты, доходы, допустимые назначения заявок и критерии выбора управленческих альтернатив [3]. Следовательно, между цифровым мониторингом и моделированием должен быть сформирован промежуточный алгоритмический слой, обеспечивающий преобразование разрозненных данных в расчетную информационную модель.

Материалы и методы исследования

В качестве материалов исследования рассматриваются информационные ресурсы логистической организационной системы, формируемые в процессе организации и выполнения грузоперевозок. К основным видам таких ресурсов относятся данные о заявках грузоотправителей, тарифах на перевозку, характеристиках перевозчиков, доступности транспортных средств, времени обслуживания, эксплуатационных затратах, доходах перевозчиков и результатах ранее принятых управленческих решений.

Методическую основу исследования составляют методы системного анализа, структуризации данных, алгоритмизации, матричного представления параметров, имитационного моделирования и оптимизационного выбора. Системный анализ используется для выделения участников логистической организационной системы и определения их информационных связей. Методы структуризации и алгоритмизации позволяют определить последовательность преобразования исходных данных. Матричное представление применяется для формализации тарифов, доступности перевозчиков, времени обслуживания, затрат и доходов. Имитационное и оптимизационное моделирование рассматриваются как конечные потребители интегрированных данных [4].

В рамках исследования под алгоритмом интеграции и обработки информационных ресурсов понимается упорядоченная последовательность действий, обеспечивающая переход от разнородных исходных данных к единой расчетной структуре, используемой при моделировании логистической организационной системы.

Для поддержки имитационно-оптимизационного моделирования исходные данные должны быть приведены к единой информационной модели (1):

$$M = \langle Z, P, T, A, V, C, R, G \rangle, \quad (1)$$

где M – информационная модель логистической организационной системы;

Z – множество заявок грузоотправителей;

P – множество грузоперевозчиков;

T – матрица тарифов;

A – матрица доступности перевозчиков;

V – матрица времени обслуживания;

C – матрица затрат грузоотправителей;

R – матрица доходов грузоперевозчиков;

G – множество ограничений модели.

Основными элементами такой модели являются заявки и перевозчики. Каждая заявка характеризуется направлением перевозки, объемом или весом груза, допустимым сроком выполнения и предельной стоимостью перевозки. Каждый перевозчик характеризуется доступной грузоподъемностью, обслуживаемыми направлениями, текущей загрузкой, тарифными условиями и эксплуатационными затратами.

Тарифные данные отражают стоимость выполнения конкретной заявки конкретным перевозчиком. Эти сведения могут формироваться на основе исторических тарифов, данных цифровых платформ, внешних информационных источников или прогнозных значений. В дальнейшем они используются для расчета затрат грузоотправителей и оценки экономической привлекательности вариантов перевозки.

Данные о доступности перевозчиков позволяют определить, какие перевозчики могут быть назначены на конкретные заявки. При этом учитываются: направление перевозки, наличие свободного транспорта, грузоподъемность, допустимые сроки выполнения заказа и организационные ограничения. Такой блок данных позволяет заранее исключить невозможные или нецелесообразные варианты назначения.

Данные о времени обслуживания характеризуют продолжительность выполнения заявки конкретным перевозчиком. Они могут определяться на основе ретроспективной информации о выполненных перевозках, расчетных нормативов или прогнозных оценок. Эти сведения особенно важны для имитационного моделирования, поскольку позволяют воспроизвести процесс поступления и обслуживания заявок во времени.

Расчетные показатели затрат грузоотправителей формируются с учетом тарифа, объема груза и возможных потерь при нарушении допустимого срока доставки. В общем виде затраты можно определить следующим образом (2):

$$c_{ik} = t_{ik} \cdot q_i + h_i \cdot \max(0, v_{ik} - \tau_i), \quad (2)$$

где c_{ik} – затраты грузоотправителя при выполнении i -й заявки k -м перевозчиком;

t_{ik} – тариф перевозки;

q_i – объем или вес груза;

h_i – коэффициент потерь или штрафов при нарушении срока;

v_{ik} – время выполнения заявки;

τ_i – допустимое время выполнения заявки.

Расчетные показатели доходов грузоперевозчиков отражают разницу между оплатой перевозки и эксплуатационными затратами перевозчика (3):

$$r_{ik} = t_{ik} \cdot q_i - e_{ik}, \quad (3)$$

где r_{ik} – доход k -го перевозчика при выполнении i -й заявки;

e_{ik} – эксплуатационные затраты перевозчика при выполнении i -й заявки.

Информационная модель M объединяет исходные и расчетные данные, необходимые для имитационно-оптимизационного моделирования. Ее использование позволяет заранее определить допустимые варианты назначения заявок, рассчитать затраты и доходы участников логистического процесса, а также подготовить данные для выбора рационального управленческого решения.

Структура представления информационных ресурсов

Алгоритм интеграции и обработки данных выполняет роль промежуточного преобразующего слоя между информационными источниками логистической организационной системы и моделями принятия решений (рис.). На вход алгоритма поступают разнородные данные о заявках, тарифах, перевозчиках, времени обслуживания и экономических показателях. После проверки, унификации и расчета производных параметров формируется единая информационная модель, пригодная для проведения имитационных экспериментов и оптимизационного выбора управленческих альтернатив.

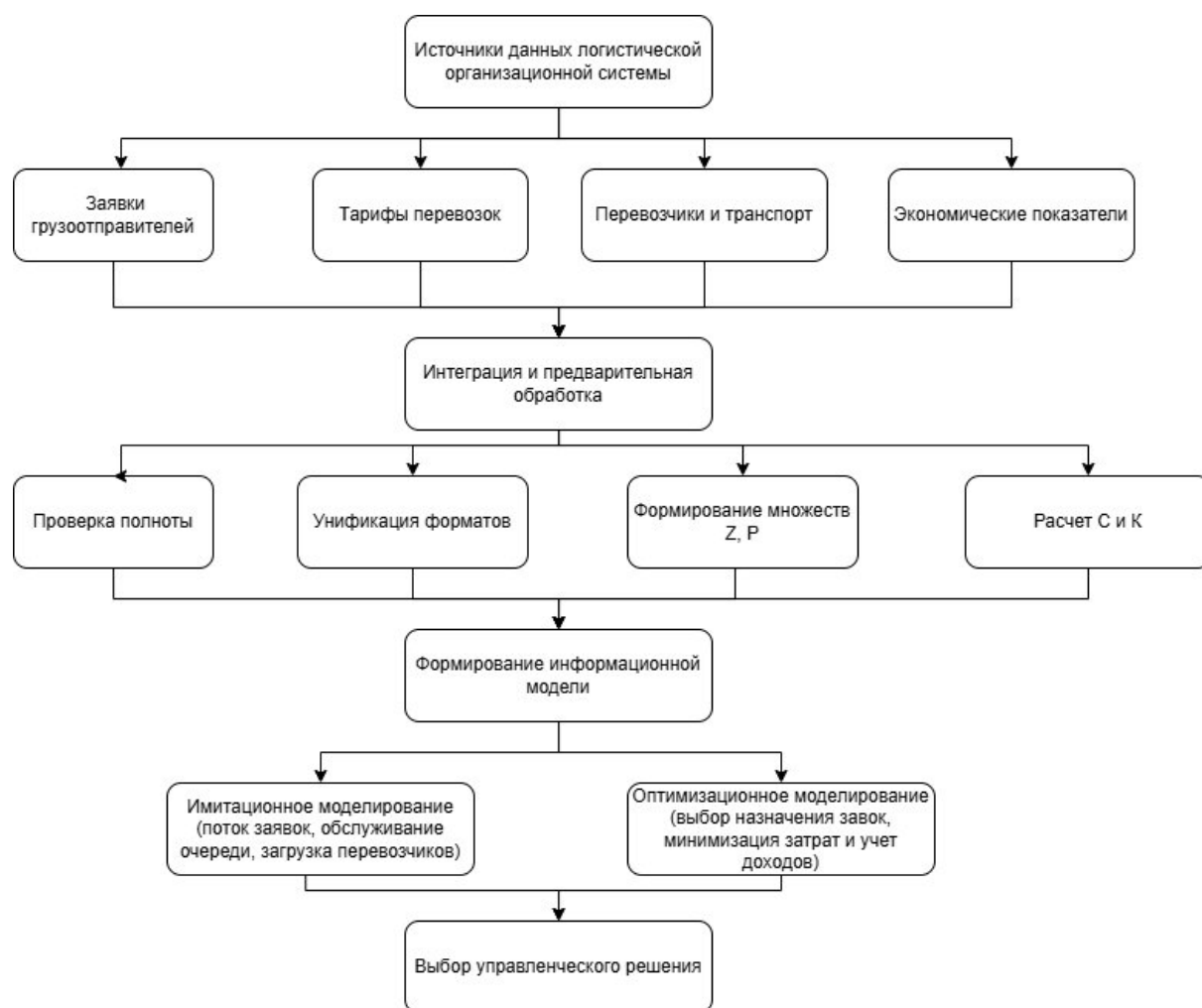


Рисунок. Структура информационных ресурсов логистической организационной системы

Схема отражает последовательный переход от первичных мониторинговых данных к управленческому решению. На первом этапе в системе фиксируются данные о заявках грузоотправителей, тарифной среде, перевозчиках, времени обслуживания и экономических результатах. На втором этапе эти данные приводятся к структурированному виду, что позволяет использовать их как единую информационную основу. Далее структурированные ресурсы применяются при прогнозировании параметров системы, имитационном моделировании логистических процессов и оптимизационном выборе альтернатив. В результате логистический оператор получает возможность принимать решения не только на основе текущего состояния системы, но и с учетом ретроспективной динамики, прогнозных значений и согласования интересов участников логистического процесса.

Заключение

Предложенный алгоритм позволяет формализовать процесс подготовки данных для имитационно-оптимизационного моделирования. Его основное отличие от простого накопления информации заключается в том, что каждый информационный ресурс получает расчетное назначение. Данные о заявках формируют входной поток системы, данные о перевозчиках задают ресурсные ограничения, тарифы участвуют в расчете затрат и доходов, а показатели времени обслуживания используются при имитации логистических процессов.

Использование матричного представления параметров обеспечивает возможность автоматизированной обработки данных. Матрицы T , A , V , C и R позволяют представить взаимодействие множества заявок и множества перевозчиков в компактной форме. Это особенно важно в условиях, когда количество возможных комбинаций «заявка-перевозчик» существенно возрастает при увеличении числа участников логистической системы.

Практическая значимость алгоритма заключается в сокращении объема ручной подготовки данных и повышении воспроизводимости расчетов. При обновлении мониторинговой информации алгоритм может быть повторно применен для формирования новой информационной модели. Это позволяет адаптировать имитационно-оптимизационный контур к изменению тарифов, поступлению новых заявок, изменению доступности перевозчиков и другим изменениям состояния системы.

С теоретической точки зрения предложенный алгоритм уточняет место интеграции информационных ресурсов в общей логике интеллектуальной поддержки управления. Интеграция данных рассматривается не как вспомогательная операция, а как самостоятельный этап, обеспечивающий переход от цифрового мониторинга к моделированию и оптимизации. Такой подход позволяет связать информационную, имитационную и оптимизационную составляющие диссертационного исследования в единую методическую схему.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дыбская В.В. Цифровая логистика и управление цепями поставок: перспективы развития / В.В. Дыбская, В.И. Сергеев // Логистика: современные тенденции развития: Материалы XVII Междунар. науч.-практ. конф., 12–13 апреля 2018 г. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2018. – Ч. 1. – С. 5–11.

2. Лёвин Б.А. Цифровая логистика и электронный обмен данными в грузовых перевозках / Б.А. Лёвин, О.В. Ефимова // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15, № 2 (69). – С. 142–149.
3. Дмитриев А.В. Управление транспортно-логистическими системами в условиях цифровизации / А.В. Дмитриев // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2020. – № 2 (122). – С. 163–170.
4. Горишняя А.А. Цифровые технологии в транспортной логистике / А.А. Горишняя, Г.А. Чмут // Вестник университета. – 2021. – № 8. – С. 34–40.
5. Зимин А.С. Информационные технологии в транспортной логистике / А.С. Зимин, Т.П. Титов // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. – 2019. – № 3 (101). – С. 73–77.
6. Ермаков А.А. Имитационное моделирование для принятия решений в логистике / А.А. Ермаков // Актуальные исследования. – 2021. – № 17 (44). – С. 9–11.
7. Иванова Л.Н. Методы оптимизации и алгоритм маршрутизации в транспортной логистике / Л.Н. Иванова, С.Е. Иванов // Экономика. Право. Инновации. – 2024. – № 4. – С. 21–29.
8. Толуев Ю.И. Имитационное моделирование логистических сетей / Ю.И. Толуев // Логистика и управление цепями поставок. – 2008. – № 2 (25). – С. 53–63.
9. Брагин А.В. Современные программные средства агент-ориентированного моделирования / А.В. Брагин, А.Р. Бахтизин, В.Л. Макаров // Искусственные общества. – 2022. – Т. 17, № 4. – URL: <https://artsoc.jes.su/s207751800023501-0-1/> (дата обращения: 05.06.2026).
10. Макаров В.Л. Современные инструменты моделирования социально-экономических процессов / В.Л. Макаров, А.Р. Бахтизин // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. – 2024. – № 1 (76). – С. 21–32.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Мурадханов Магомед Мурадханович, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия.

e-mail: ma9mr@yandex.ru