

JOURNAL OF TRANSPORT



ISSUE 2, 2025 vol. 2

E-ISSN: 2181-2438

ISSN: 3060-5164



RESEARCH, INNOVATION, RESULTS



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**
Tashkent state
transport university



JOURNAL OF TRANSPORT
RESEARCH, INNOVATION, RESULTS

**E-ISSN: 2181-2438
ISSN: 3060-5164**

**VOLUME 2, ISSUE 2
JUNE, 2025**



jot.tstu.uz

TASHKENT STATE TRANSPORT UNIVERSITY

JOURNAL OF TRANSPORT

SCIENTIFIC-TECHNICAL AND SCIENTIFIC INNOVATION JOURNAL

VOLUME 2, ISSUE 2 JUNE, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

SAID S. SHAUMAROV

Professor, Doctor of Sciences in Technics, Tashkent State Transport University

Deputy Chief Editor

Miraziz M. Talipov

Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Tashkent State Transport University

The “Journal of Transport” established by Tashkent State Transport University (TSTU), is a prestigious scientific-technical and innovation-focused publication aimed at disseminating cutting-edge research and applied studies in the field of transport and related disciplines. Located at Temiryo‘lchilar Street, 1, office 465, Tashkent, Uzbekistan (100167), the journal operates as a dynamic platform for both national and international academic and professional communities. Submissions and inquiries can be directed to the editorial office via email at jot@tstu.uz.

The Journal of Transport showcases groundbreaking scientific and applied research conducted by transport-oriented universities, higher educational institutions, research centers, and institutes both within the Republic of Uzbekistan and globally. Recognized for its academic rigor, the journal is included in the prestigious list of scientific publications endorsed by the decree of the Presidium of the Higher Attestation Commission No. 353/3 dated April 6, 2024. This inclusion signifies its role as a vital repository for publishing primary scientific findings from doctoral dissertations, including Doctor of Philosophy (PhD) and Doctor of Science (DSc) candidates in the technical and economic sciences.

Published quarterly, the journal provides a broad spectrum of high-quality research articles across diverse areas, including but not limited to:

- Economics of Transport
- Transport Process Organization and Logistics
- Rolling Stock and Train Traction
- Research, Design, and Construction of Railways, Highways, and Airfields, including Technology
- Technosphere Safety
- Power Supply, Electric Rolling Stock, Automation and Telemechanics, Radio Engineering and Communications
- Technological Machinery and Equipment
- Geodesy and Geoinformatics
- Automotive Service
- Air Traffic Control and Aircraft Maintenance
- Traffic Organization
- Railway and Road Operations

The journal benefits from its official recognition under Certificate No. 1150 issued by the Information and Mass Communications Agency, functioning under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan. With its E-ISSN 2181-2438, ISSN 3060-5164 the publication upholds international standards of quality and accessibility.

Articles are published in Uzbek, Russian, and English, ensuring a wide-reaching audience and fostering cross-cultural academic exchange. As a beacon of academic excellence, the "Journal of Transport" continues to serve as a vital conduit for knowledge dissemination, collaboration, and innovation in the transport sector and related fields.

Dependence of transport costs on the volume of container delivery by road transport with quadratic approximation

U.G. Samatov¹a

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

Abstract:

The article is devoted to the study, using quadratic approximation, of the dependence of transport costs on the volume of road container haulage. It examines the theoretical prerequisites for the non-linear nature of transport costs, including economies of scale and potential diseconomies arising from increased volumes on specific routes. The relevance of accurate cost modeling for optimizing the transportation process and enhancing the operational efficiency of Uzbekistan's transport and logistics complex is analyzed, aligning with the objectives set out in the country's strategic documents. A structure for a quadratic cost model for road container transportation is proposed, and its potential benefits for planning, cost management, and tariff policy are discussed. The necessity of collecting empirical data and performing calculations for specific routes in Uzbekistan is substantiated.

Keywords:

transport costs, container road haulage, quadratic approximation, cost function, inter-terminal transportation, economies of scale, optimization

Зависимость транспортных затрат от объемов доставки контейнеров автомобильным транспортом с квадратичной аппроксимацией

Саматов У.Г.¹a

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

Аннотация:

Статья посвящена исследованию с использованием квадратичной аппроксимации зависимости транспортных затрат от объемов автомобильных контейнерных перевозок. Рассматриваются теоретические предпосылки нелинейного характера транспортных издержек, включая эффект масштаба и возможные дизэкономии, возникающие при увеличении объемов на конкретных маршрутах. Анализируется актуальность точного моделирования затрат для оптимизации перевозочного процесса и повышения эффективности функционирования транспортно-логистического комплекса Узбекистана, что согласуется с целями, поставленными в стратегических документах страны. Предлагается структура квадратичной модели затрат для автомобильных перевозок контейнеров, обсуждаются ее потенциальные преимущества для планирования, управления затратами и тарифной политики. Обосновывается необходимость сбора эмпирических данных и проведения расчетов для конкретных маршрутов в Узбекистане.

Ключевые слова:

транспортные затраты, автомобильные контейнерные перевозки, квадратичная аппроксимация, функция издержек, межтерминальные перевозки, эффект масштаба, оптимизация

1. Введение

Эффективное управление транспортными затратами важное условие конкурентоспособности контейнерных перевозок. Для Узбекистана, как транзитного узла, не имеющего прямого выхода к морю, оптимизация издержек при автомобильных перевозках контейнеров между логистическими центрами особенно важна. В условиях мирового рынка транспортных услуг наблюдается тенденция к увеличению спроса на автомобильные грузовые перевозки и использование консолидированных грузов в контейнерах. В то же время, прогнозируется ежегодное снижение объемов перевозок полностью загруженных контейнеров [16]. В этой связи эффективное планирование, основанное на понимании структуры затрат, должно оптимизировать

маршруты и использование ресурсов. Традиционные линейные модели затрат не всегда точно отражают реальность, где проявляются эффекты масштаба и дизэкономии из-за загруженности или усложнения координации ЛЦ. В ряде государственных постановлений и указов [5, 6] поставлены задачи повышения эффективности транспортных операций и снижения издержек. В этом контексте актуальна разработка точных моделей затрат, учитывающих нелинейные зависимости. Данная статья вносит вклад в эту область, предлагая квадратичную аппроксимацию как специализированный инструмент для описания изменения удельных затрат с ростом объема перевозок именно в системе межтерминальных автомобильных контейнерных перевозок Узбекистана, где подобные нелинейные модели ранее не получали достаточного теоретического обоснования и систематического применения. Цель статьи – представить и теоретически

^a <https://orcid.org/0009-0006-4323-9048>



обосновать применение квадратичной модели для анализа транспортных затрат при автомобильных контейнерных перевозках, подчеркнув новизну данного методологического подхода для регионального контекста и определив направления ее практического использования в качестве более точного инструмента по сравнению с существующими подходами.

Следует отметить, что принципиальным моментом данного исследования является не сама по себе известная квадратичная функция, а ее адаптация, теоретическое осмысление и предложение к применению применительно к специфике автомобильных контейнерных перевозок, включая анализ факторов, обуславливающих характер нелинейности именно в этих операционных и инфраструктурных условиях.

Анализ исследований показывает, что в экономической теории транспорта и логистике структура и оптимизация транспортных затрат являются центральными вопросами, рассматриваемых с разных сторон. Работы Н.А. Троицкой [7] раскрывают основы формирования издержек. В трудах под редакцией Б.А. Аникина [3] подчеркивается значительная доля транспортных расходов в общих логистических затратах. J-P. Rodrigue [15], анализирует компоненты и факторы транспортных затрат. С. Jara-Sánchez и S.R. Jara-Díaz [12] рассматривают экономию от масштаба и плотности, указывая на нелинейность издержек. M. Florian и M. Gaudry [13] заложили основы понимания нелинейности затрат в транспортных системах из-за ограничений пропускной способности. Применение квадратичных функций для моделирования транспортных издержек освещено в работах V. Adlakha и K. Kowalski [11], показавших их способность отражать как снижение, так и рост удельных затрат. Исследования T. Notteboom и J-P. Rodrigue [14] по эффектам масштаба и дизэкономиям в смежных областях также подтверждают сложность функций затрат. В российской экономической науке учебник «Экономика транспорта» под редакцией Е.В. Будриной [9] формирует базу знаний. Г.А. Васильева [1] анализировала моделирование себестоимости железнодорожных перевозок. Е.И. Зайцев [2] и Л.Б. Миротин с А.Г. Некрасовым [4] исследовали структуру транспортных издержек и эффективность логистических систем соответственно. В Узбекистане В.К. Ярашова [10] акцентирует внимание на анализе логистических издержек, а Н. Умарова [8] освещает стратегические шаги по развитию транспортных коридоров, что включает оптимизацию затрат. В данной статье фокус сделан на квадратичной аппроксимации затрат при автомобильных контейнерных перевозках.

2. Методология исследования

В данном исследовании для анализа зависимости совокупных транспортных затрат от объема автомобильных контейнерных перевозок предлагается использовать квадратичную модель. Объектом моделирования являются общие транспортные затраты на маршруте, а объем перевозок выражается в количестве стандартных контейнеров (ДФЭ – двадцатифутовый эквивалент), перевезенных за

определенный период или в рамках одной крупной партии.

Общие транспортные затраты $C(V)$ для объема V на заданном маршруте определяются следующими компонентами:

- V – объем перевозок (количество ДФЭ).
- c – условно-постоянные затраты, связанные с организацией перевозок по данному маршруту, слабо зависящие от конкретного объема в рамках одного рейса или короткого периода (например, часть амортизации транспортных средств, затраты на содержание диспетчерской службы для данного направления, страхование ответственности экспедитора на маршруте).

• b – коэффициент, отражающий линейную составляющую переменных затрат на единицу объема (например, нормативный расход топлива на один контейнеро-километр, часть затрат на оплату труда водителей, если она сдельная).

• a – коэффициент, характеризующий нелинейную зависимость затрат от объема. Знак и величина этого коэффициента определяют характер кривой затрат и наличие эффектов масштаба или дизэкономий.

Функция общих транспортных затрат. Зависимость общих транспортных затрат $C(V)$ от объема перевозок V описывается квадратичной функцией:

$$C(V) = aV^2 + bV + c \quad (1)$$

Факторы, обуславливающие нелинейность (значение коэффициента a): При $a \leq 0$ (для определенного диапазона V): могут проявляться эффекты экономии от масштаба. Например, при увеличении объема регулярных перевозок по маршруту возможна лучшая организация обратной загрузки, оптимизация графиков движения, получение скидок на топливо или обслуживание при больших объемах закупок, более эффективное использование рабочего времени водителей.

При $a > 0$: могут возникать дизэкономии от масштаба. При значительном увеличении объема перевозок на конкретном маршруте автомобильным транспортом могут возникать следующие проблемы:

- Рост загруженности подъездных путей к ЛЦ и самих терминалов, приводящий к увеличению времени простоя автотранспорта в ожидании погрузки/выгрузки.
- Необходимость использования дополнительного, возможно, менее эффективного или более старого автопарка при пиковых нагрузках.
- Усложнение логистики и координации большого числа транспортных средств, что может вести к росту диспетчерских и управлеченческих расходов на единицу продукции.

• Повышенный износ дорожного покрытия на маршруте при интенсивном движении тяжеловесных контейнеровозов, что в долгосрочной перспективе может отразиться на затратах через дорожные сборы или ускоренную амортизацию транспортных средств.

Для эмпирической оценки коэффициентов a , b , c необходимо собрать статистические данные по фактическим затратам и объемам автомобильных контейнерных перевозок у транспортных компаний.



Могут быть использованы данные бухгалтерского учета, путевые листы, отчеты по расходу ГСМ, затратам на ремонт и обслуживание, данные о простоях и времени в пути. После сбора данных применяется метод регрессионного анализа для построения функции затрат.

3. Результаты и обсуждение

Иллюстрация свойств модели. Параметры a , b и c предложенной квадратичной модели (1) должны определяться на основе эмпирических данных для конкретных маршрутов и условий эксплуатации. В зависимости от знака и величины этих коэффициентов, особенно коэффициента a , модель будет демонстрировать различные характеристики зависимости затрат от объема. Положительное значение коэффициента a указывает на то, что при увеличении объема перевозок (после определенного уровня) начинают преобладать дизэкономии от масштаба. Это означает, что каждая дополнительная единица перевезенного контейнера обходится дороже предыдущей после определенного момента.

Функция средних затрат. Средние затраты на перевозку одного ДФЭ $AC(V)$ определяются как отношение общих затрат (1) к объему перевозок:

$$AC(V) = \frac{C(V)}{V} = aV + b + \frac{c}{V} \quad (2)$$

Функция предельных затрат. Предельные затраты $MC(V)$ на перевозку дополнительного ДФЭ, рассчитываемые как первая производная функции общих затрат (1) по объему, составят:

$$MC(V) = \frac{dC(V)}{dV} = 2aV + b \quad (3)$$

Анализ функций. Средние затраты (AC): вначале, при малых объемах V , средние затраты будут высокими из-за влияния постоянных издержек (компонента c/V в формуле (2)). По мере роста V , эта компонента уменьшается, и AC снижаются. Однако, если коэффициент a положителен, то из-за члена aV в формуле (2), после достижения определенного объема V , средние затраты начнут снова расти, формируя U-образную кривую.

Определение оптимального объема перевозок. Точка минимума средних затрат будет там, где равенство предельных и средних затрат: $MC(V) = AC(V)$. Решая это уравнение ($2aV + b = aV + b + c/V$), можно найти оптимальный объем V_{opt} . Если $a > 0$, то оптимальный объем перевозок V_{opt} определяется по формуле:

$$V_{opt} = \sqrt{\frac{c}{a}} \quad (4)$$

Подставив это значение V_{opt} в формулу для AC (2), можно определить минимальные средние затраты.

Если коэффициент a положителен ($a > 0$), предельные затраты (MC), согласно формуле (3), будут линейно возрастать с увеличением объема V , что наглядно демонстрирует эффект дизэкономии. Если коэффициент a не равен нулю, кривая общих затрат $C(V)$ (1) будет представлять собой параболу (ветви вверх при

$a > 0$, вниз при $a < 0$). Если $a > 0$, кривая средних затрат $AC(V)$ (2) будет U-образной с точкой минимума. Кривая предельных затрат $MC(V)$ (3) будет прямой линией, пересекающей кривую $AC(V)$ (2) в ее минимальной точке (при $a > 0$). Таким образом, теоретический анализ модели (в случае $a > 0$) показывает, что может существовать оптимальный объем перевозок V_{opt} , при котором средние затраты на перевозку единицы продукции минимальны. Дальнейшее увеличение объема без изменения технологии или инфраструктуры приведет к росту удельных издержек.

Обсуждение. Теоретическое моделирование транспортных затрат с использованием предложенной квадратичной функции (1) подчеркивает важность учета нелинейных зависимостей. Положительный коэффициент a при V^2 в квадратичной модели затрат указывает на возможное преобладание дизэкономий от масштаба при росте объемов на некоторых автомобильных маршрутах. Это может быть обусловлено комплексом факторов: Загруженность дорожной инфраструктуры: рост числа контейнеровозов увеличивает плотность потока, снижая среднюю скорость и повышая расход топлива. Работа терминалов: увеличение прибытых на ЛЦ может приводить к очередям и простоям, увеличивая затраты на рейсы. Ограничения автопарка: при пиковых объемах может потребоваться использование менее экономичного резервного транспорта или привлечение сторонних перевозчиков по более высоким тарифам. Обслуживание и ремонт: интенсивная эксплуатация на загруженных маршрутах учащает поломки и увеличивает соответствующие затраты.

Выявленный теоретически U-образный характер кривой средних затрат $AC(V)$ (в случае $a > 0$) с точкой минимума при оптимальном объеме V_{opt} (4) имеет существенное практическое значение. Он демонстрирует, что для конкретного маршрута и текущих условий существует оптимальный объем перевозок, минимизирующий средние издержки, и отклонение от него ведет к их росту. Для транспортно-логистического комплекса Узбекистана, где автомобильный транспорт играет ключевую роль, понимание и применение таких моделей способствует: Эффективному планированию перевозок: транспортные компании могут оптимизировать партии грузов, стремясь к объемам, близким к V_{opt} , для минимизации затрат на маршрутах. Обоснованию инвестиций: превышение V_{opt} и сопутствующий рост средних затрат сигнализируют о необходимости инвестиций в улучшение дорог, модернизацию терминалов, обновление автопарка или внедрение передовых систем управления, направленных на смещение кривой затрат. Разработке тарифной политики: понимание кривых затрат важно для госорганов и операторов при формировании тарифов, возможно, дифференцированных по уровню загрузки, что соответствует целям оптимизации тарифной политики [6]. Повышению конкурентоспособности: оптимизация издержек на основе адекватных моделей напрямую влияет на стоимость конечной продукции и конкурентоспособность узбекских товаров и транзитных услуг, что является одной из задач ПП-28 [5].

Важно подчеркнуть, что параметры a , b , c квадратичной модели будут уникальны для каждого



маршрута, типа транспорта, эффективности ЛЦ и сезона. Следовательно, для практического применения необходимы детальные эмпирические исследования и сбор актуальных данных от транспортных операторов Узбекистана.

4. Заключение

Применение квадратичной аппроксимации для анализа зависимости транспортных затрат от объемов автомобильных контейнерных перевозок представляет собой перспективный подход. Ключевое преимущество данного метода заключается в возможности учесть нелинейные эффекты, такие как экономия и дизэкономия от масштаба, которые часто упускаются из виду в простых линейных моделях. Теоретический анализ свойств квадратичной модели показал, как она может помочь выявить оптимальный объем перевозок с точки зрения минимизации средних затрат и предупредить о росте удельных издержек при его превышении. Для Узбекистана, активно модернизирующего свою транспортно-логистическую инфраструктуру и нацеленного на повышение ее эффективности в соответствии с национальными стратегиями, такими как ПП-28 и «Стратегия развития транспортной системы до 2035 года», внедрение подобных моделей может стать важным инструментом. Это будет способствовать более обоснованному стратегическому и оперативному планированию, эффективному управлению затратами и, как следствие, повышению конкурентоспособности всего транспортного сектора страны. Дальнейшие шаги должны быть сфокусированы на сборе и анализе реальных эксплуатационных и экономических данных от узбекских транспортных операторов. Это позволит построить и верифицировать квадратичные модели затрат для ключевых маршрутов автомобильных контейнерных перевозок, а также глубоко исследовать специфические факторы, определяющие параметры этих моделей в уникальных условиях транспортной системы региона.

Список использованной литературы / References

- [1] Абрамов А. П., Васильева Г. А. Моделирование себестоимости перевозок в зависимости от эксплуатационных показателей // Экономика железных дорог. – 2001. – №. 5. – С. 15-25.
- [2] Зайцев Е. И. и др. Алгоритмы оптимального позиционирования складов в транспортно-логистической сети // Логистика сегодня. – 2004. – Т. 2. – С. 21-35.
- [3] Логистика: учебник / под ред. Б.А. Аникина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 2023. – 368 с.
- [4] Некрасов А. Г. и др. Логистический инжиниринг на автомобильном транспорте // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2017. – №. 1. – С. 3-12.
- [5] О мерах по дальнейшему развитию транспортно-логистической системы Республики Узбекистан: постановление Президента Республики Узбекистан от 27.01.2025 г. № ПП-28 [Электронный ресурс] // Lex.uz. – Режим доступа: <https://lex.uz/docs/7342176> (дата обращения: 19.05.2025).

Узбекистан от 27.01.2025 г. № ПП-28 [Электронный ресурс] // Lex.uz. – Режим доступа: <https://lex.uz/docs/7342176> (дата обращения: 19.05.2025).

[6] О мерах по коренному совершенствованию системы государственного управления в сфере транспорта: указ Президента Республики Узбекистан от 01.02.2019 г. № УП-5647 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lex.uz/docs/4194115> (дата обращения: 19.05.2025).

[7] Троицкая Н. А., Шилимов М. В. Транспортно-технологические схемы перевозок отдельных видов грузов: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильный транспорт)» направления подготовки «Организация перевозок и управление на транспорте». – Москва: КНОРУС, 2016. – 231 с.

[8] Умарова Н. Узбекистан уверенно формирует новую транспортную архитектуру тюркских государств [Электронный ресурс] // Институт передовых международных исследований (iais.uz). – Опубликовано 01.04.2025. – Режим доступа: <https://iais.uz/ru/outputnew/uzbekistan-confidently-forms-a-new-transport-architecture-of-the-turkic-states> (дата обращения: 19.05.2025).

[9] Экономика транспорта: учебник и практикум для вузов / под ред. Е. В. Будриной. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 390 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-17444-1.

[10] Ярашова В. К. Структурные сдвиги в развитии транспортной системы Узбекистана // Экономика и финансы (Узбекистан). – 2020. – №. 4 (136). – С. 18-25.

[11] Adlakha V., Kowalski K. On the quadratic transportation problem // Open Journal of Optimization. – 2013. – Т. 2. – №. 3. – С. 89-94.

[12] Bereskin C.G. Railroad economies of scale, scope, and density revisited [Электронный ресурс] // Journal of the Transportation Research Forum. – 2009. – Vol. 48, No. 2. – Р. 23-38. – Режим доступа: <https://ageconsearch.umn.edu/nanna/record/207130/files/2261-4266-1-PB.pdf> (дата обращения: 19.05.2025).

[13] Florian M., Gaudry M. A conceptual framework for the supply side in transportation systems // Transportation Research Part B: Methodological. – 1980. – Т. 14. – №. 1-2. – С. 1-8.

[14] Notteboom T. E., Rodrigue J. P. Port regionalization: towards a new phase in port development // Maritime Policy & Management. – 2005. – Т. 32. – №. 3. – С. 297-313.

[15] Rodrigue J.-P., Notteboom T. Transport Costs // Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems. – 5th ed. – London; New York: Routledge, 2020. – Р. 143-157.

[16] Wiratisna M. I. A., Sukarno S. Pricing Strategies and Revenue Analysis of HTL International (International Freight Forwarder) in Response to Volatile FCL (Full Container Load) Shipping Rates from China //Asian Journal of Engineering, Social and Health. – 2025. – Т. 4. – №. 1. – С. 230-248.

[17] Kuziev, A., Juraev, M., Yusufkhonov, Z., & Akhmedov, D. (2023, March). Application of multimodal transportation in the development of future flows of the region. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2612, No. 1). AIP Publishing.



**Информация об авторах/
Information about the authors**

Саматов Toshkent davlat transport universiteti
Улугбек “Transport logisyikasi” kafedrası
Гаффорович / mustaqil izlanuvchisi,
Samatov E-mail: s.ulugbek77@mail.ru
Ulugbek Tel.: +998909470704
<https://orcid.org/0009-0006-4323-9048>



U. Samatov

*Dependence of transport costs on the volume of container delivery
by road transport with quadratic approximation 220*

CONNECT / MUNDARIA