МРНТИ 39.21 https://doi.org/10.26577/JGEM81220266

А.Б. Жолдасбек, Н.М. Орынбаев, Д.К. Молжигитова, Ш.К. Кадыр, А.А. Арыстанов*

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
*e-mail: adilet_098.kz@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ И РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

В данной статье мы адаптировали классические методы оценки транспортной доступности под специфику дорожной сети Северо-Казахстанской области, учитывая значительную удаленность населенных пунктов от магистральных путей. Мы полагаем, что стандартные показатели транспортной обеспеченности дают лишь поверхностное представление о ситуации в регионе. Для Северо-Казахстанской области критически важно дополнить эти методы оценкой реальной эксплуатационной надежности дорожных путей. В связи с этим проведён сравнительный анализ отечественных и зарубежных методик оценки транспортной доступности, включая гравитационные модели и метод накопленных возможностей. Мы установили, что существующие методики дают упрощенную картину, так как не учитывают специфические риски Северо-Казахстанской области – от весенней распутицы до разного уровня инфраструктурного потенциала малых и опорных сел.

В качестве решения предлагаем интегрированную систему оценки транспортной доступности, основанную на сочетании геоинформационных систем и инструментов гравитационного моделирования. В отличие от традиционных подходов, предложенная модель позволяет учитывать не только время перемещения, но и доступность различных видов услуг и экономических возможностей.

Полученные результаты могут быть использованы при планировании транспортной инфраструктуры региона, в том числе для обоснования приоритетов инвестирования и повышения связности территории. Предложенный подход направлен на снижение пространственных диспропорций и повышение эффективности регионального развития.

Ключевые слова: транспортная доступность, Северо-Казахстанская область, геоинформационные системы, интегрированная система, гравитационная модель.

A.B. Zholdasbek, N.M. Orynbayev, D.K. Molzhigitova, Sh.K. Kadyr, A.A. Arystanov*

Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
*e-mail: adilet_098.kz@mail.ru

Comparative analysis of transport accessibility assessment methods and development of an integrated system for the North Kazakhstan Region

This article adapts classical transport accessibility assessment methods to the specific characteristics of the road network in the North Kazakhstan Region, accounting for the significant remoteness of settlements from trunk routes. We contend that standard transport provision indicators offer only a superficial understanding of the regional situation. For the North Kazakhstan Region, it is critical to supplement these methods with an assessment of actual operational reliability. Consequently, a comparative analysis of domestic and international assessment methodologies was conducted, including gravity models and the cumulative opportunities method. Our findings indicate that existing frameworks provide an oversimplified picture, as they fail to account for region-specific risks–ranging from spring thaw to varying infrastructure potentials between small and support rural settlements.

As a solution, we propose an integrated transport accessibility assessment system based on the synergy of Geographic Information Systems and gravity modeling tools. Unlike traditional approaches, the proposed model accounts not only for travel time but also for the availability of various services and economic opportunities. The results can be applied to regional transport infrastructure planning, specifically to justify investment priorities and enhance territorial connectivity. The proposed approach is aimed at reducing spatial disparities and increasing the overall efficiency of regional development.

Keywords: transport accessibility, North Kazakhstan Region, Geographic Information Systems, integrated system, gravity model.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

Ә.Б. Жолдасбек, Н.М. Орынбаев, Д.К. Молжигитова,
Ш.Қ. Қадыр, А.А. Арыстанов*
Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
*e-mail: adilet_098.kz@mail.ru

Көліктік қолжетімділікті бағалау әдістерін салыстырмалы талдау және Солтүстік Қазақстан облысы үшін интеграцияланған жүйені әзірлеу

Бұл мақалада Солтүстік Қазақстан облысының жол желісінің ерекшеліктері мен елді мекендердің негізгі магистральдық жолдардан едәуір қашықтығын ескере отырып, көліктік қолжетімділікті бағалаудың классикалық әдістеріне бейімдедік. Көліктік қамтамасыз етілудің стандартты көрсеткіштері өңірдегі жағдай туралы толық түсінік бермейді деп есептейміз. Солтүстік Қазақстан облысы үшін бұл әдістерді жол бағыттары үшін нақты пайдалануды толықтырудың маңызы зор. Осыған орай көліктік қолжетімділікті бағалаудың отандық және шетелдік әдістемелеріне, соның ішінде гравитациялық модельдер мен жиналған мүмкіндіктер әдісіне салыстырмалы талдау жүргіздік. Қолданыстағы әдістердің толық көрініс бермейтінін анықтадық, өйткені олар Солтүстік Қазақстан облысына тән – көктемгі ерігеннен бастап шағын және тірек ауылдардың инфрақұрылымдық әлеуетінің әртүрлі деңгейіне дейін есепке алмайды.

Мәселені шешу ретінде геоақпараттық жүйелер мен гравитациялық модельдеу құралдарының үйлесіміне негізделген көліктік қолжетімділікті бағалаудың интеграцияланған жүйесі ұсынылады. Бұл жүйенің дәстүрлі тәсілдерден айырмашылығы, ұсынылған модель тек жол жүру уақытын ғана емес, сонымен қатар әртүрлі қызмет түрлері мен экономикалық мүмкіндіктердің қолжетімділігін де ескеруге мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелер аймақтық көлік инфрақұрылымын жоспарлауда, соның ішінде инвестициялауды негіздеу және аймақтық байланысты жақсарту үшін пайдаланылуы мүмкін. Ұсынылған тәсіл кеңістіктік диспропорцияларды азайтуға және өңірлік дамудың тиімділігін арттыруға бағытталған.

Түйін сөздер: көліктік қолжетімділік, Солтүстік Қазақстан облысы, геоақпараттық жүйелер, интеграцияланған жүйе, гравитациялық модель.

Введение

Транспортная доступность это критический фактор которая определяет региональное развитие, экономические показатели и качество жизни населения. Когда транспортная система работает эффективно – растет производительность труда, расширяются границы рынков и повышается инвестиционный потенциал региона.

Интеграция регионов Казахстана нуждаются в новых открытиях, старые методы оценки устарели и нам нужна более современная база, адаптированная под регион. Северо-Казахстанская область имеет обширную территорию, низкую плотность населения и резко континентальный климат. Эти факторы влияют на состояние дорожной сети и надежность транспортных сообщений.

Для повышения потенциала СКО необходимо внедрить ряд стратегий развития, которые ориентированы на решение насколько быстро и удобно жители могут добраться до своих пунктов назначения.

Цель исследования – проведение сравнительного анализа методик оценки транспортной доступности Казахстана и мирового опыта оценки транспортной доступности,их применимость и адаптивность под Северо-Казахстанскую область, разработка концепции интегрированной системы оценки транспортной доступности.

Материалы и методы исследования

Северо-Казахстанская область (СКО) занимает 98,0 тыс. кв. км (3,6% территории РК) с населением 522,2 тыс. человек на начало 2025 года. Специфика региона – высокая доля сельского населения (50,5%) и аграрная специализация – предъявляет особые требования к транспортной связности.

Автодорожная инфраструктура. Общая протяженность сети составляет 8883,4 км. Анализ показал критический дисбаланс в качестве дорог разного значения:

Республиканские дороги (1969,8 км): 87% находятся в нормативном состоянии.

Областные дороги (1983 км): В нормативном состоянии находятся 84%, однако 16% (325,4 км) требуют немедленного ремонта. При этом 31% дорог имеют гравийно-щебеночное покрытие, а 1,3% – грунтовое.

Районные дороги (4463,2 км): Самое слабое звено. Лишь 66,1% дорог находятся в нормативном состоянии. Почти четверть сети (24,1% или

1075,9 км) – это грунтовые дороги, что делает их практически непроходимыми в периоды межсезонья и паводков (Akimat of NKR, 2025).

Карта автомобильных дорог Северо-Казахстанской области приводится на рисунке 1.

Общественный транспорт и социальная доступность. Текущая система пассажирских перевозок характеризуется низкой плотностью охвата:Из 635 сельских населенных пунктов области регулярным автобусным сообщением охвачено лишь 337. Таким образом, 47% сёл (почти половина региона) не имеют стабильного транспортного доступа к районным и областным центрам. Наблюдается технический разрыв: средний возраст автобусов на внутрирайонных маршрутах составляет 15 лет, в то время как в Петропавловске – 7 лет. Это снижает надежность системы.

Железнодорожный и воздушный транспорт.

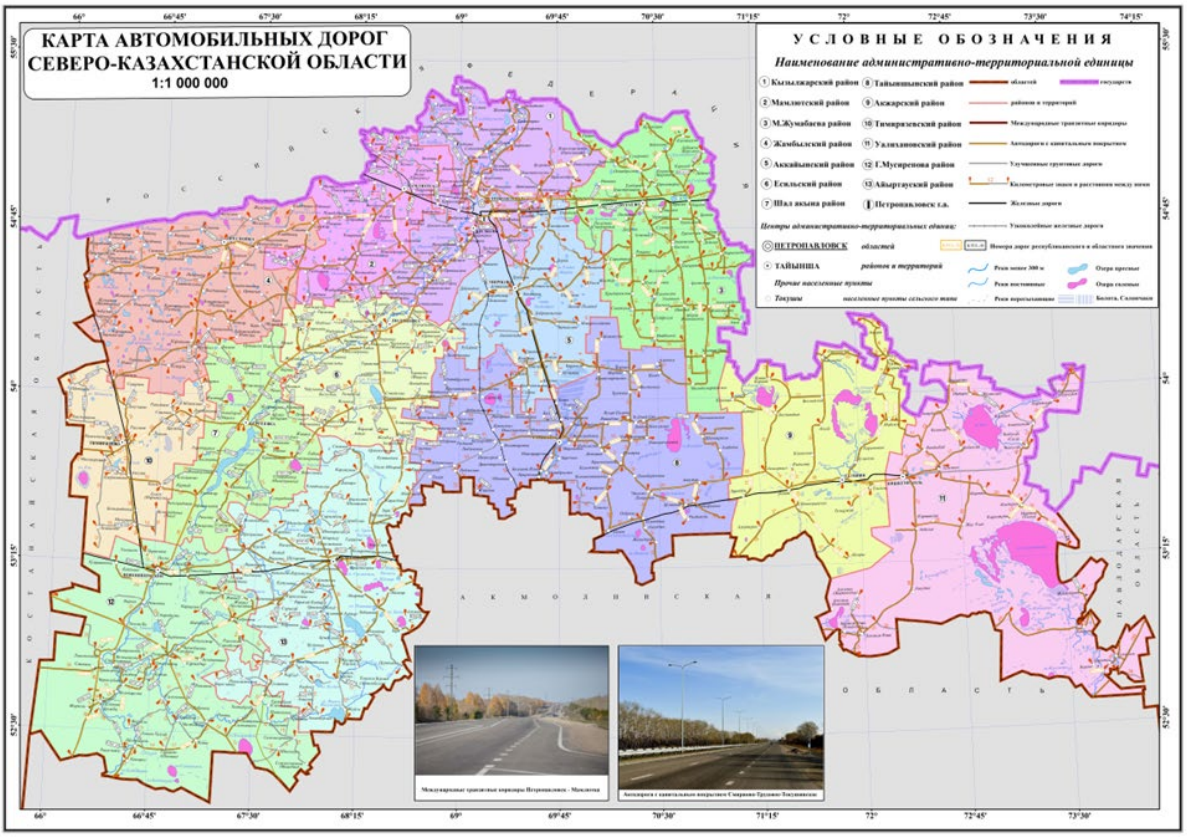
Петропавловск остается крупнейшим узлом на транзитном коридоре, однако данные 2024 года показывают снижение индекса физического объема (ИФО) пассажирооборота по области до 87,1–91,3% к уровню прошлого года. Это может указывать на переток пассажиров на автомобильный транспорт, что еще больше увеличивает нагрузку на изношенную дорожную сеть (Kazakhstan Railways [KTZ], 2024).

В то же время, благодаря субсидированию, авиаперевозки показывают рост: пассажиропоток аэропорта г. Петропавловск увеличился с 18,4 тыс. (2018 г.) до 85 тыс. человек (2023 г.), обеспечивая связь региона с мегаполисами (Астана, Алматы, Шымкент) (Petropavlovsk International Airport, 2024).

Пропускная способность и интенсивность движения. Данные по пропускной способности и интенсивности движения для большинства дорог СКО ограничены. На участке трассы Р-58 (Булаево-Возвышенка) интенсивность движения на IV квартал 2024 года составляла 1342 автомобиля в сутки.

Рисунок 1

Карта автомобильных дорог Северо-Казахстанской области



Примечание: составлено авторами на основе постановлений акиматов районов Северо- Казахстанской области об утверждении перечней автомобильных дорог общего пользования районного значения.

Доступность населенных пунктов Северо-Казахстанской области зависит от состояния дорог. Хорошая доступность населенных пунктов обеспечена вдоль республиканских дорог. Но большая часть сельских населенных пунктов, зависят от районных дорог и испытывают трудности с транспортным сообщением зимой из-за плохого состояния покрытия дорог. Географическая доступность ограничена для жителей почти половины сел.

Анализ практики оценки транспортной доступности в Республике Казахстан показывает отсутствие единой, стандартизированной методологии, закрепленной на уровне отдельного нормативного документа. Вместо этого, в различных сферах государственного управления и планирования применяется несколько различных подходов, каждый из которых ориентирован на решение специфических задач. К наиболее распространенным относятся: оценка географической доступности по времени и расстоянию, метод "радиуса охвата", расчет индекса транспортной обеспеченности и, в последнее время, использование геоинформационных систем для анализа.

Такое многообразие используемых методов, при отсутствии единого стандарта, свидетельствует о фрагментированном подходе к оценке доступности. Представляется, что существующие методики разрабатывались или адаптировались для ответа на узкие, специфические вопросы, актуальные для конкретного ведомства или программы (например, оценка соответствия нормативам радиуса обслуживания для социальных объектов или расчет простого показателя плотности дорог для отчетности акиматов). Это происходит в ущерб формированию целостного, комплексного видения транспортной доступности как системного фактора регионального развития. Различные государственные органы и программы могут измерять доступность по-разному, что потенциально ведет к нескоординированному планированию и распределению инвестиций из-за отсутствия общего понимания проблемы и единых метрик для сравнения эффективности различных инициатив.

Географическая доступность, по времени и расстоянию. Важность оценки транспортной и временной доступности подтверждается её закреплением в ряде стратегических документов Республики Казахстан. Данный подход является одним из наиболее широко используемых в Казахстане, особенно в Концепции развития сельских территорий на 2023–2027 годы (проект "Ауыл – Ел бесіґі") (Republic of Kazakhstan, 2023) и программа "Дорожная карта бизнеса-2025" (Republic of Kazakhstan, 2019) рассматривают физическую доступность инфраструктуры как базовое условие для повышения качества жизни и стимулирования деловой активности в регионах». Суть метода заключается в оценке доступа к важным объектам (административным центрам, объектам социальной инфраструктуры) на основе времени в пути или расстояния от населенного пункта.

В качестве ключевых параметров для расчета обычно используются среднее расстояние от населенного пункта до районного или областного центра, оценочное время в пути (иногда выраженное в часах, иногда – через километраж) и наличие дорог с твердым покрытием. Некоторые варианты методики также учитывают тип дорожного покрытия и сезонность проезда как факторы, влияющие на скорость передвижения. Часто оценка проводится на основе пороговых значений доступности – например, определяется доля населения, проживающего в пределах 30-минутной, часовой или двухчасовой доступности до определенного объекта.

Метод "радиуса охвата" (или радиуса транспортного обслуживания) используется для определения того, попадает ли населенный пункт в зону обслуживания социально значимого объекта, исходя из нормативно установленного максимального расстояния. Этот подход находит применение в территориальном планировании и нормативных документах, регулирующих размещение объектов образования, здравоохранения, социального обеспечения, пожарной охраны и т.п. Типичным примером является норматив допустимого радиуса до ближайшей больницы в 25 км.

Расчет обычно сводится к простому сравнению линейного по прямой или, реже, дорожного расстояния между населенным пунктом и объектом с установленным нормативом, часто с использованием спутниковых карт или топографических данных.

Индекс транспортной обеспеченности представляет собой количественный показатель, отражающий насыщенность территории дорожной инфраструктурой. Он рассчитывается как отношение общей протяженности дорог с

твердым покрытием (L тверд. покр) к площади территории (S):

$$\mathrm{It} = \frac{L\text{тверд. покр}}{S}$$

Часто этот показатель выражается в километрах дорог на 1000 квадратных километров территории.

Данный индекс используется в статистических сборниках, аналитических отчетах акиматов, Национальной палаты предпринимателей «Атамекен», Центра пространственного развития, а также для сравнительного анализа уровня развития дорожной сети между регионами или районами. Расчеты основываются на официальных данных о протяженности дорог и площади административно-территориальных единиц.

Развивающийся ГИС-анализ. В последние годы в Казахстане наблюдается активное применение геоинформационных систем и спутниковых карт (Google, ESRI ArcGIS) для анализа транспортной доступности, особенно в рамках новых разработок, научных исследований в том числе университетских и проектных работ. Этот подход позволяет проводить более глубокий пространственный анализ плотности и связности дорожной сети, моделировать транспортные потоки и маршруты, а также выявлять изолированные или труднодоступные населенные пункты (Houran et al., 2024).

Инструментарий ГИС (ArcGIS, QGIS и др.) в сочетании с данными спутниковых снимков, открытых источников или коммерческих позволяет выполнять такие задачи, как картографирование транспортных маршрутов, анализ зон обслуживания, моделирование логистики и подготовка цифровых двойников территорий.

Краткий обзор существующих передовых международных практик измерения транспортной доступности.

В странах с высоким уровнем урбанизации, развитой транспортной инфраструктурой и цифровизацией процессов планирования применяются более точные, комплексные и концептуально проработанные методы оценки транспортной доступности. Международная практика характеризуется смещением акцента с простого измерения наличия и плотности транспортной инфраструктуры к оценке того, насколько эффективно эта инфраструктура позволяет людям достигать необходимых им возможностей (рабочих мест, услуг, социальных контактов) – подход, ориентированный на спрос и пользователя.

Эти методы, как правило, более требовательны к данным и аналитическим инструментам часто опираясь на ГИС и математическое моделирование, но предоставляют значительно более глубокое и реалистичное понимание взаимодействия между транспортной системой и землепользованием.

Метод накопленных возможностей является одним из наиболее распространенных и интуитивно понятных подходов к измерению доступности, ориентированной на возможности. Его суть заключается в подсчете количества объектов определенного типа (например, рабочих мест, школ, больниц, магазинов), которые доступны из заданной точки (например, места жительства) в пределах определенного порогового значения времени или расстояния поездки.

Формула для расчета доступности Ai в точке i обычно выглядит следующим образом (Geurs, K.T & van Wee, 2004):

$$A_i = \sum_j O_j \cdot f\left(C_{\{ij\}}\right)$$

где:

Oj – количество возможностей (объектов) в пункте назначения j.

Cij – "стоимость" поездки (время, расстояние или обобщенные затраты) между точками i и j.

f(cij) – функция отсечения (пороговая функция), которая обычно принимает значение 1, если стоимость поездки Cij не превышает заданный порог T (cij≤T), и 0 в противном случае.

Этот метод широко используется в транспортном и городском планировании в США, Великобритании, Канаде, Нидерландах, особенно для анализа равенства доступа к основным услугам и возможностям для различных территориальных единиц или социальных групп.

Гравитационные модели доступности являются одним из наиболее популярных и теоретически обоснованных подходов к оценке доступности, особенно в Европе и Канаде. Они основаны на аналогии с законом всемирного тяготения Ньютона: "привлекательность" или

доступность пункта назначения (j) для исходной точки (i) прямо пропорциональна "массе" (важности, размеру, количеству возможностей) пункта назначения и обратно пропорциональна некоторой степени расстояния или времени поездки между ними.

Общая форма гравитационной модели доступности Ai для точки i выглядит так (Geurs, K.T & van Wee, 2004):

$$A_i = \sum_j \frac{O_j}{C_{\{ij\}}^{\beta}}$$

где:

Oj – мера "массы" или привлекательности пункта назначения j (например, количество рабочих мест, площадь торгового центра, вместимость больницы, количество предлагаемых услуг).

Cij – стоимость поездки (время, расстояние, денежные затраты) между i и j.

β (бета) – параметр сопротивления расстоянию (или времени), отражающий чувствительность людей к увеличению затрат на поездку. Обычно принимает значения от 1 до 2, но может калиброваться на основе эмпирических данных. Чем выше β, тем быстрее снижается доступность с ростом расстояния.

Пространственный синтаксис: Анализ структуры сети это набор теорий и методов для анализа пространственных конфигураций, в частности, уличных и дорожных сетей. В контексте транспортной доступности, он фокусируется не столько на расстоянии или времени до конкретных объектов, сколько на структурных свойствах самой сети и на том, как эти свойства влияют на потенциальные потоки движения и легкость навигации.

Метод представляет уличную сеть как граф, состоящий из осевых линий (самых длинных линий видимости) или сегментов улиц, и рассчитывает различные метрики, характеризующие положение каждого элемента в сети:

1) Интеграция: Показывает, насколько легко достижима данная улица или сегмент из всех остальных частей сети (топологически или метрически). Улицы с высокой интеграцией часто являются наиболее оживленными и доступными.

2) Связность: Простое количество улиц, напрямую пересекающихся с данной улицей.

3) Глубина: Минимальное количество шагов (поворотов) от одной улицы до другой.

Пространственный синтаксис предполагает, что эти структурные характеристики сети сильно коррелируют с реальными паттернами движения пешеходов и транспорта, а также с размещением коммерческой активности. Метод применяется в архитектурном и градостроительном проектировании, особенно в Великобритании, Японии, Южной Корее, для прогнозирования транспортных и пешеходных потоков, оптимизации планировки новых районов и оценки влияния изменений в сети.

Индексы мультимодальной доступности

Современные транспортные системы часто включают множество видов транспорта: личный автомобиль, общественный транспорт (автобусы, трамваи, метро, железная дорога), велосипед, пешеходное движение. Мультимодальные модели доступности стремятся оценить легкость достижения пунктов назначения с учетом возможности использования всех релевантных видов транспорта, а также пересадок между ними.

Эти модели обычно строятся на основе многослойных транспортных графов в ГИС, где каждый слой представляет отдельный вид транспорта со своими характеристиками (скорости, маршруты, расписания, остановочные пункты). Расчет доступности включает:

1) Моделирование маршрутов с использованием различных видов транспорта.

2) Учет времени на пересадки между видами транспорта.

3) Учет расписания движения и интервалов ожидания для общественного транспорта.

4) Использование сложных алгоритмов поиска кратчайшего пути например, Алгоритм Дейкстры (Dijkstra, 1959) или A* 10 (Hart et al.,1968) по временным или стоимостным затратам в мультимодальной сети.

Такие модели позволяют получить наиболее полное и реалистичное представление о доступности, особенно в городских условиях с развитой системой общественного транспорта. Они широко используются в странах с высоким приоритетом устойчивого развития и общественного транспорта, таких как Нидерланды, Швеция, Южная Корея, для оценки транспортных решений с точки зрения эффективности, равенства и экологичности (Spilanis et al., 2011).

Результаты и их обсуждение

Для проведения объективной сравнительной оценки существующих казахстанских и передовых международных методик оценки транспортной доступности с точки зрения их применимости и полезности для Северо-Казахстанской области, необходимо определить набор релевантных критериев (Tiznado-Aitken et al., 2020). Основываясь на анализе специфики региона и целей транспортного планирования, предлагаются следующие критерии:

1) Способность методики предоставлять глубокое, точное и многоаспектное понимание реальной ситуации с транспортной доступностью, учитывая ключевые факторы (время, расстояние, качество инфраструктуры, наличие возможностей, надежность).

2) Объем, детализация и доступность данных, необходимых для применения методики в условиях СКО. Учитывается реалистичность сбора и поддержания таких данных.

3) Уровень необходимых специализированных знаний, программного обеспечения, временных и финансовых затрат для внедрения и регулярного использования методики.

4) Насколько хорошо методика учитывает специфические особенности региона: большие расстояния, низкая плотность населения, важность сельского хозяйства, климатические условия, существующая структура транспортной сети и расселения.

5) Насколько результаты оценки полезны для информирования процессов планирования, принятия инвестиционных решений, разработки политики, мониторинга и оценки программ развития, а также для анализа вопросов социального равенства в доступе.

Эти критерии позволяют оценить не только теоретические достоинства и недостатки каждой методики, но и их практическую ценность и реализуемость в конкретных условиях Северо-Казахстанской области.

Качественное сравнение: Применимость, информативность, ограничения. Ниже представлена таблица, обобщающая качественную оценку различных методик по выбранным критериям применительно к СКО.

Таблица 1

Качественное сравнение методик оценки доступности для СКО

Методика	Информативность	Требования к данным	Техническая сложность/ Ресурсы	Релевантность для СКО	Политика и практическая применимость
Казахстанские методы					
1	2	3	4	5	6
Географическая (время/расстояние)	Низкая.Игнорирует качество,надежность сезонность,реальные скорости.	Низкие Средние (расстояния, базовая карта дорог).	Низкая.	Высокая для базовой оценки в сельской местности, но дает упрощенную картину. Не учитывает сезонность	Высокая для текущих госпрограмм, но риски неоптимального распределения ресурсов из-за поверхностного анализа.
Радиус охвата	Очень низкая. Игнорирует сеть, барьеры, время в пути.	Низкие (координаты объектов и НП).	Очень низкая.	Применим для нормативного контроля, но не отражает реальный доступ, особенно в условиях СКО.	Используется в социальном планировании, но может вводить в заблуждение относительно фактического охвата услугами.
Индекс обеспеченности	Ограниченная. Только плотность дорог, без учета населения и конфигурации сети.	Низкие (длина дорог, площадь).	Низкая.	Ограниченная. Не показывает доступ для населения. Может быть полезна для межрегиональных сравнений.	Используется в отчетах, но малоинформативен Для планирования конкретных мер по улучшению доступа.
ГИС-анализ	Высокая. Позволяет моделировать маршруты, зоны обслуживания, учитывать сеть.	Средние/ Высокие (цифровая карта сети, атрибуты).	Средняя и высокая (ПО, специалисты)	Очень высокая. Гибкий инструмент, подходит для анализа пространственных	Высокий потенциал для детального планирования, проектов, исследований, но требует внедрения в практику.

Продолжение таблицы

Методика	Информативность	Требования к данным	Техническая сложность/ Ресурсы	Релевантность для СКО	Политика и практическая применимость
				аспектов доступности в СКО.	
Международные методы					
Накопленные возможности	Средняя. Учитывает возможности, но не их качество важность; эффект «обрыва».	Средние (карта сети, время пути, данные об объектах).	Средняя (ГИС, базовое моделирование).	Высокая. Хорошо подходит для оценки доступа к базовым услугам (школы, медицина) и анализа равенства.	Полезна для выявления зон с дефицитом доступа и обоснования социальных программ.
Гравитационная модель	Высокая. Учитывает и расстояние время, и привлекательность масштаб объектов.	Высокие (сеть, время, данные о «массе» объектов).	Высокая (ГИС, моделирование, калибровка).	Очень высокая. Реалистично моделирует доступ, адаптируема к условиям СКО.	Идеальна для стратегического планирования, оценки крупных проектов, приоритизации инвестиций.
Пространственный синтаксис	Высокая (по структуре сети), низкая (по доступу к объектам).	Средние (детальная карта уличной сети).	Высокая (ПО, интерпретация).	Ограниченная Полезна для анализа городской среды (Петропавловск), малоприменима в сельских районах СКО.	Может использоваться в градостроительном проектировании на локальном уровне.
Мультимодальная модель	Очень высокая. Комплексный учет всех видов транспорта и их взаимодействия.	Очень высокие (сети всех мод, расписания и т.д.).	Очень высокая (сложные ГИС-модели).	Ограниченная. Актуальна для городов, сложна для сельских районов СКО из-за слабости ОТ.	Важна для перспективного планирования устойчивой транспортной системы, оценки развития ОТ.

Примечание: составлено автором на основе сравнительного анализа отечественных и зарубежных подходов к оценке транспортной доступности

Данная таблица наглядно демонстрирует компромиссы между простотой и применимостью существующих казахстанских методов и информативностью, но также и сложностью передовых международных подходов (Kallai, 2016). Она подчеркивает, что для эффективного планирования в СКО требуется переход к более содержательным методикам, способным учесть специфику региона.

Количественная сравнительная оценка методологий для Северо-Казахстанской области. Для получения более обобщенной картины сравнительной эффективности различных методологий можно использовать количественную оценку по ключевым параметрам. В предоставленных исходных материалах была предложена балльная оценка (от 1 до 5) по критериям Информативности (И), Гибкости (Г), Применимости в СКО (П) и Требованиям к ресурсам (Р). Представим эту оценку в табличном виде, инвертировав шкалу для Требований к ресурсам (Р), чтобы более высокий балл означал меньшие требования (большую легкость внедрения). Балльная оценка методологий выполнена на основе экспертного сравнительного анализа по четырем ключевым критериям: информативность, гибкость, применимость в условиях Северо-Казахстанской области и требования к ресурсам. Оценивание проводилось по пятибалльной шкале, где 1 балл соответствует минимальному уровню соответствия критерию, а 5 баллов – максимальному. При определении значений учитывались возможности методики по отражению реальных условий транспортной доступности, адаптивность к различным пространственным условиям, соответствие особенностям Северо-Казахстанской области, а также объем необходимых данных, программного обеспечения и экспертных компетенций для практической реализации.

Таблица 2
Количественная оценка методологий доступности для СКО

Методика	Информативность (И)	Гибкости (Г)	Применимость в СКО (П)	Требованияк ресурсам (Р)	Общий балл (И+Г+П+Р)	Примечания
1	2	3	4	5	6	7
Географическая доступность (РК)	2	4	4	2	12	Прост в реализации, ориентирован на расстояние до объекта инфраструктуры
Радиус охвата (РК)	2	3	4	2	11	Локальная точечная оценка, подходит для сельских районов
Индекс обеспеченности (РК)	3	3	3	3	12	Используется для анализа количества объектов на душу населения
ГИС-анализ (РК)	5	5	5	5	20	Высокоинформативный, требует цифровых данных и навыков ГИС
Метод накопленных возможностей (Международный опыт)	3	4	4	4	15	Учитывает порог доступности к ключевым объектам, требует карту доступности
Гравитационная модель (США, ЕС)	5	5	5	5	20	Учитывает силу «притяжения» объекта и расстояние до него
Пространственный синтаксис (Великобритания)	4	3	3	4	14	Оценивает топологию уличной сети, применим в городах
Мульти-модальная модель (Канада, Нидерланды)	5	5	3	5	18	Учитывает все типы транспорта, сложна в сельских регионах

Примечание: составлено и рассчитано автором на основе экспертной оценки методологий по критериям информативности, гибкости, применимости в условиях Северо- Казахстанской области и требований к ресурсам

Казахстанские методы: общий средний балл – 13.75.

Международные методы: общий средний балл – 16.75.

Международные методы имеют более высокий средний балл и превосходят казахстанские методы транпортной доступности, подтверждая их способность давать более глубокий анализ. Гравитационная модель лидируют получая максимальные баллы по каждым направлениям. Казахстанские методы в среднем оцениваются как чуть более применимые что отражает их простоту и адаптацию к текущим условиям и практикам. Однако ГИС-анализ также получают максимальный балл по каждому направлению, указывая на их высокий потенциал при наличии ресурсов.

Лидерами по общему потенциалу являются ГИС-анализ и Гравитационная модель, но они же и наиболее ресурсоемки.

Эта количественная оценка численно подтверждает ключевую дилемму: существует компромисс между информативностью и ресурсоемкостью. Простые методы легки в применении, но дают ограниченное понимание, тогда как продвинутые методы информативны, но требуют значительных вложений в данные и экспертизу.

Недостатки текущих методов для Северо-Казахстанской области. Сравнительный анализ, как качественный, так и количественный, выявляет существенные пробелы в текущей практике оценки транспортной доступности в Казахстане применительно к специфическим

условиям СКО. Доминирующие сейчас простые методы (географический, радиусный, индексный) не способны адекватно отразить сложную реальность обеспечения надежного и справедливого доступа на обширной территории с суровым климатом и неравномерным расселением (Resende & Collins, 2011).

Ключевые недостатки существующих подходов для СКО:

1) Методы не учитывают или слабо учитывают влияние погодных условий на состояние дорог и возможность проезда, что является критическим фактором для СКО. Оценка, основанная на среднем времени или простом наличии твердого покрытия, может быть нерелевантной в зимний или весенний периоды.

2) Простое наличие дороги не гарантирует возможности быстрого и безопасного передвижения. Текущие методы слабо отражают реальное состояние дорожного полотна.

3) Не оценивается ни количество, ни качество, ни привлекательность конечных пунктов назначения (услуг, рабочих мест), что не позволяет понять реальную выгоду от транспортной системы для населения и экономики.

4) Индекс обеспеченности оторван от реальных потребностей населения. Географический метод и метод радиуса не всегда адекватно отражают доступ для большинства жителей.

5) Существующие подходы не предоставляют удобных инструментов для систематической оценки и мониторинга различий в доступности между разными районами или социальными группами.

6) Взаимодействие различных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, автобусного) практически не учитывается.

Количественная оценка подчеркивает эту проблему: текущие методы воспринимаются как легко применимые, но их информативность низка. Продвинутые методы предлагают необходимые аналитические возможности, но их внедрение требует ресурсов и подготовки. Это указывает на необходимость разработки и внедрения стратегического, возможно гибридного, подхода, который бы сочетал аналитическую глубину с практической реализуемостью в условиях СКО. Простое сохранение статус-кво означает принятие решений на основе неполной информации, а слепое копирование самых сложных международных моделей может оказаться нереалистичным в краткосрочной перспективе (Karimi & Motamed, 2012).

Методологические основы разработки интегрированной системы оценки транспортной доступности и обеспеченности территории Северо-Казахстанской области. Анализ сильных и слабых сторон существующих казахстанских и передовых международных методик оценки транспортной доступности ясно показывает, что ни простое продолжение использования текущих упрощенных подходов, ни немедленное полномасштабное внедрение наиболее сложных зарубежных моделей не является оптимальным решением для Северо-Казахстанской области. Первое оставляет планирование без необходимой информационной базы, второе может столкнуться с серьезными ограничениями по данным, ресурсам и кадрам (Lebendiger & Lerman, 2019).

Требуется разработка интегрированной (гибридной) системы оценки, которая была бы специально адаптирована к уникальному контексту СКО.

1) Сочетать сильные стороны различных подходов, использовать аналитическую мощь ГИС-платформ и реализм моделей, учитывающих возможности и расстояние таких как гравитационная модель или модифицированный метод накопленных возможностей.

2) Учитывать ключевые для СКО факторы, такие как сезонность, качество дорог, низкая плотность населения и важность доступа к сельскохозяйственным рынкам и социальным услугам.

3) Предоставлять значительно более глубокий анализ, чем текущие методы, но при этом быть реализуемой в рамках имеющихся или реалистично достижимых ресурсов и данных.

4) Генерировать понятные и практически полезные результаты для планирования инвестиций, разработки региональных программ и мониторинга их эффективности. Предлагаемый подход направлен на создание инструмента, который максимизирует глубину анализа и релевантность для политики в рамках практических ограничений СКО.

Предлагается разработать и внедрить комплексную систему оценки под рабочим названием «Интегрированная модель транспортной доступности и обеспеченности для СКО». Эта модель будет объединять несколько ключевых

измерений доступности и обеспеченности транспортной инфраструктурой и услугами.

Система будет основана на следующих принципах:

1) Оценка будет проводиться по нескольким взаимодополняющим направлениям для получения целостной картины.

2) Все расчеты и анализ будут выполняться в среде ГИС, что обеспечит визуализацию и возможность пространственного анализа.

3) В центре внимания – доступ населения к ключевым объектам и услугам.

4) Особое внимание уделяется качеству инфраструктуры, сезонным факторам и мультимодальным аспектам.

Предлагаемая структура модели включает четыре основных компонента:

Компонент 1: Пространственно-временной охват и доступ к возможностям. Оценка того, насколько легко (по времени или затратам) жители различных населенных пунктов могут достичь ключевых пунктов назначения, с учетом их важности.

Компонент 2: Индекс обеспеченности услугами. Оценка уровня обеспеченности территории транспортной инфраструктурой и связанными услугами в расчете на душу населения или на единицу площади.

Компонент 3: Качество и надежность инфраструктуры. Оценка состояния транспортной сети и ее способности обеспечивать стабильное сообщение в течение года.

Компонент 4: ГИС-платформа для анализа и визуализации. Интегрирующая среда для расчетов, картографирования, сценарного моделирования и поддержки принятия решений.

Такая многокомпонентная структура позволяет перейти от единого, часто упрощенного, показателя доступности к созданию своего рода «приборной панели», отражающей различные аспекты проблемы. Критически важным является явное включение Компонента 3 (Качество и надежность), который напрямую адресует один из главных недостатков существующих методов для условий СКО. Связь Компонента 2 (Обеспеченность) с численностью населения делает его более значимым показателем, чем простой индекс плотности дорог. Анализ всех компонентов в комплексе с использованием ГИС (Компонент 4) дает гораздо более богатое диагностическое представление о транспортной системе региона.

Компонент 1: Пространственно-временной охват на основе гравитационной модели

Для оценки основного аспекта доступности – легкости достижения возможностей – предлагается использовать модифицированную гравитационную модель, как наиболее гибкую и реалистичную из рассмотренных. Индекс доступности Ai для исходной точки i (например, населенного пункта) рассчитывается по формуле (Yang et al., 2019):

$$A_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{O_j}{T_{ij}^{\beta}}$$

где: i – исходная точка (например, центроид населенного пункта СКО);

j – пункт назначения (ключевые объекты: школы, больницы, ЦОНы, рынки, административные центры, крупные предприятия, транспортные узлы – ж/д станции, автовокзалы); Индекс суммирования j пробегает все n релевантных пунктов назначения.

Oj – мера «массы» или привлекательности пункта назначения j; этот параметр требует тщательного определения и сбора данных. Примеры: количество койко-мест в больнице, количество ученических мест в школе, количество рабочих мест на предприятии, пропускная способность вокзала или количество рейсов, площадь торговых объектов. На начальном этапе можно использовать упрощенные весовые коэффициенты по типам объектов.

Tij – время в пути (в минутах) между точками i и j по реальной дорожной сети; Рассчитывается с помощью ГИС-инструментов на основе графа дорожной сети и средних скоростей движения, зависящих от типа и, по возможности, состояния дороги.

β (бета) – коэффициент чувствительности к времени в пути (сопротивления расстоянию). Отражает, насколько быстро снижается желание ехать к объекту с увеличением времени в пути. Требует калибровки на основе местных данных или использования значений из литературы (обычно в диапазоне 1–2). Может различаться для разных типов поездок (например, поездка в больницу менее чувствительна к времени, чем поездка в магазин).

Результаты компонента будут в виде значение индекса доступности Ai для каждого населенного пункта СКО. Карты пространственного

распределения доступности (например, тепловые карты или карты с классификацией населенных пунктов по уровню доступности). Возможность расчета агрегированных показателей доступности для районов или области в целом (например, средневзвешенное значение Ai по населению).

Компонент 2: Индекс обеспеченности услугами (на душу населения)

Этот компонент дополняет оценку доступности (Компонент 1) показателями, характеризующими уровень насыщения территории объектами транспортной инфраструктуры и связанными услугами, но в привязке к населению, что делает его более информативным, чем простой индекс плотности дорог.

Оценка инфраструктурного потенциала районов СКО проводится на основе индекса обеспеченности, который рассчитывается по формуле (Ma et al., 2017):

$$I = \frac{N_o}{P} \times 1000$$

где: I – индекс обеспеченности конкретным видом социально-экономических услуг или объектов инфраструктуры;

No – суммарное количество объектов (например, автобусных остановок, почтовых отделений или пунктов обслуживания) в границах исследуемого административного района;

P – общая численность населения данной территориальной единицы;

Индекс обеспеченности по районам для различных видов инфраструктуры/услуг (например, количество автобусных остановок на 1000 жителей). Карты и диаграммы, показывающие различия в уровне обеспеченности между районами. Совместный анализ Компонента 1 и Компонента 2 дает глубокое понимание ситуации. Район может иметь низкую обеспеченность автобусными остановками на 1000 жителей, но при этом хорошую доступность к ключевым объектам с использованием личного транспорта. Так же и наоборот район может иметь высокую обеспеченность автобусными остановками, но низкую доступность из-за неправильного размещения объектов или плохих дорог.В будущем это нам поможет правильно диагностировать проблему.

Компонент 3: Качественные характеристики и эксплуатационная надежность инфраструктуры

Компонент 3 – это критический фильтр, который позволяет накладывать теоретические расчеты доступности на реальную эксплуатационную почву Северо-Казахстанской области. Данный компонент служит для контекстуализации и динамической корректировки данных Компонента 1.

К ключевым индикаторам относятся – удельный вес дорог с твердым покрытием по республиканскими, областными и районными дорогами чтобы выявить их на локальном уровне, где износ дорог наиболее критичен. Состояния дорожного покрытия по международному индексу ровности IRI. Карта дорог подверженные к сезонным ограничениям с указанием их продолжительности.Частота и регулярность движения общественного транспорта.

К результатам компонента относятся: тематические карты, показывающие распределение качества дорог и проблемных участков и статистические данные по районам. Возможность корректировки времени в пути (Tij) в Компоненте 1: Например, можно моделировать доступность в зимний период, увеличивая время проезда по дорогам низких категорий или исключая сезонно закрытые участки. Этот компонент позволяет перейти от оценки доступности в «идеальных» условиях к более реалистичной картине, учитывающей фактическое состояние инфраструктуры и климатические риски.

Компонент 4: ГИС-платформа для анализа и визуализации

Геоинформационная система (ГИС) является ядром предлагаемой интегрированной модели, выполняя функции сбора, хранения, обработки данных, выполнения расчетов и визуализации результатов.

Основные возможности ГИС-платформы:

1) Расчет времени в пути (Tij) по дорожной сети: использование сетевого анализа для нахождения кратчайших маршрутов по времени с учетом скоростных режимов для разных типов дорог.

2) Расчет индексов доступности (Ai) и обеспеченности (I).

3) Генерация карт доступности: создание карт изохрон (линий равного времени доступа),

тепловых карт или карт классифицированных зон доступности.

4) Визуализация обеспеченности и качества: картографическое представление индексов обеспеченности и индикаторов качества/надежности инфраструктуры.

5) Интеграция с другими данными: возможность наложения карт доступности/обеспеченности на карты плотности населения, уровня бедности, размещения сельскохозяйственных угодий и т.д. для проведения комплексного пространственного анализа и оценки равенства доступа.

6) Сценарный анализ: моделирование влияния предлагаемых изменений в транспортной сети (строительство новой дороги, реконструкция существующей, запуск нового автобусного маршрута) или в размещении объектов (открытие новой школы или больницы) на показатели доступности Ai. Это мощный инструмент для оценки эффективности планируемых инвестиций. ГИС-платформа превращает модель из набора формул и показателей в динамический инструмент анализа и поддержки принятия решений. Внедрение предлагаемой интегрированной модели потребует сбора и систематизации значительного объема пространственных и атрибутивных данных.

Предлагаемая модель обладает значительно более высокой информативностью и политической релевантностью по сравнению с текущими казахстанскими методиками. Она способна предоставить детальную диагностику проблемных зон, оценить различия в доступности для разных районов и групп населения, а также количественно обосновать приоритеты инвестиций в транспортную инфраструктуру и социальные объекты.

Предложенная концептуальная модель интегрированной оценки транспортной доступности разработана для преодоления фундаментальных недостатков существующих методик, традиционно применявшихся в Республике Казахстан, и для прямого решения специфических проблем Северо-Казахстанской области. Ключевое отличие нашей модели заключается в отказе от простой оценки наличия дорог в пользу оценки фактического доступа к возможностям для населения.

Основная проблема существующих подходов в Казахстане состоит в том, что они рассматривают дорогу как статичный объект, игнорируя ее фактическое качество и сезонную надежность. Данные годового отчета по СКО подтверждают критическую важность этого фактора: в ряде районов, например в Жамбылском, значительная доля дорог местного значения остается гравийной или грунтовой. Использование этих дорог в период распутицы или сильных снегопадов приводит к резкому увеличению времени в пути, а иногда и к полной изоляции населенных пунктов.

Заключение

В ходе работы мы сопоставили традиционные казахстанские методики с передовыми мировыми моделями. Главный вывод: стандартные подходы, основанные на простых радиусах и нормативах, для СКО больше не работают. Мы доказали, что упрощенные расчеты создают ложную картину благополучия. В реальности, при низкой плотности населения и суровом климате Севера, транспортная доступность – это не просто километры дорог, а их фактическая проходимость. Наша гипотеза подтвердилась: без учета сезонных факторов и качества покрытия невозможно получить объективную оценку связности региона.

Количественная оценка показала значительный разрыв в информативности между применяемыми методиками и международными стандартами. Выявлено, что текущие методы оценки в СКО игнорируют критические факторы: сезонность (паводки, зимний период), фактическое состояние дорожного полотна и реальную социально-экономическую привлекательность пунктов назначения. Почти половина сельских населенных пунктов области (47%) не имеет стабильного регулярного автобусного сообщения, что создает пространственное неравенство.

Лидирующими по потенциалу применимости для региона признаны ГИС-анализ и гравитационное моделирование, набравшие максимальные баллы по критериям гибкости и информативности.

Работа вносит вклад в развитие методологии экономической и социальной географии, предлагая переход от оценки физического наличия инфраструктуры к оценке фактического доступа к возможностям. Обоснована необходимость использования гибридных (интегрированных) моделей, сочетающих аналитическую мощность ГИС с реализмом гравитационных расчетов.

Дальнейшее развитие темы связано с детальной калибровкой параметров гравитационной модели на основе эмпирических данных о транспортных потоках СКО и интеграцией в систему динамических данных о сезонном состоянии дорожной сети

Финансирования

Настоящие исследования проведены в рамках реализации научно-технической программы ИРН BR24993222 «Построение системы поддержки принятия решений для природно-хозяйственного обустройства территории Северо-Казахстанской области в контексте устойчивого развития» финансируемой Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках программно-целевого финансирования

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии каких-либо финансовых или личных отношений, которые могли бы быть восприняты как влияющие на результаты исследования, представленные в данной работе.

Литературы

Акимат СКО. (2025). *Социально-экономический паспорт Северо-Казахстанской области на 2024–2025 г.* Петропавловск

Казахстанская железная дорога (КТЖ) 2024. https://rail-news.kz/ru/passenger-transportation/19600-otken-zyly-qtz-poiyzdarymen-136-million-zolausy-tasymaldandy.html

Международный аэропорт Петропавловск. (2024, 23 января). https://mtrk.kz/ru/2024/01/23/85-tysyach-passazhirov-obsluzhil-ayeroport-p/

Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 270. *Об утверждении Концепции развития транспортно-логистического потенциала Республики Казахстан до 2030 года.* https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000270

Постановление Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года № 968. *Об утверждении Государственной программы жилищно-коммунального развития «Нұрлы жер» на 2020–2025 годы.* https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000968/links

Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269-271. https://doi.org/10.1007/BF01386390

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and policy directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Hart, P. E., Nilsson, N. J., & Raphael, B. (1968). A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(2), 100–107. https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300136

Houran, N., Achraf, O., Rochd, A., Mohamed, B., Maimouni, S., & Amine, A. (2024). *GIS-based methodology for assessing public transport accessibility: A case study of Marrakech, Morocco.* ResearchGate.

Kallai, T. (2016). *Choosing the resistance factor for gravity models* (MPRA Paper No. 73952).

Karimi, K.; Motamed, N. *City Planning Using Integrated Urban Modelling. Space Syntax Limited*, 2012.

Lebendiger, Y.; Lerman, Y. Applying Space Syntax for Surface Rapid Transit Planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 2019, 128, 59–72.

Ma, L, Rahman, M, Idris, A. O. (2017). *Impacts of transit fare policy on accessibility: A case study of Halifax, Canada.* Proceedings of the 52nd Annual Conference of the Canadian Transportation Research Forum (CTRF).

Resende, C. G., & Collins, P. J. J. W. (2011). *Gravity model calibration with genetic algorithms for freight distribution modeling* (VMASC Publications). Digital Commons @ ODU.

Spilanis, I., Kizos, T., et al. (2011). Developing a methodology for the determination of the intra-regional accessibility of islands: The case of the Aegean Sea islands, Greece. *Island Studies Journal*, 6(2).

Tiznado-Aitken, I., Muñoz, J. C., & Hurtubia, R. (2020). Public transport accessibility accounting for level of service and competition for urban opportunities: An equity analysis for education in Santiago de Chile. *Journal of Transport Geography*, 82, 102595.

Yang, R., Liu, Y., Liu, Y., Liu, H., & Gan, W. (2019). Comprehensive public transport service accessibility index–A new approach based on degree centrality and gravity model. *Sustainability*, 11(20), 5634. https://doi.org/10.3390/su11205634

References

Akimat of NKR. (2025). *Social'no-ekonomicheskij pasport Severo-Kazahstanskoj oblasti na 2024–2025 g.* [Socio-economic passport of North Kazakhstan Region for 2024–2025]. Petropavlovsk.

Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs. *Numerische Mathematik*, 1(1), 269-271. https://doi.org/10.1007/BF01386390

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and policy directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127-140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Hart, P. E., Nilsson, N. J., & Raphael, B. (1968). A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. *IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics*, 4(2), 100–107. https://doi.org/10.1109/TSSC.1968.300136

Houran, N., Achraf, O., Rochd, A., Mohamed, B., Maimouni, S., & Amine, A. (2024). *GIS-based methodology for assessing public transport accessibility: A case study of Marrakech, Morocco.* ResearchGate.

Kallai, T. (2016). *Choosing the resistance factor for gravity models* (MPRA Paper No. 73952).

Karimi, K.; Motamed, N. *City Planning Using Integrated Urban Modelling. Space Syntax Limited*, 2012.

Kazakhstan Railways (KTZ) 2024. https://rail-news.kz/ru/passenger-transportation/19600-otken-zyly-qtz-poiyzdarymen-136-million-zolausy-tasymaldandy.html

Lebendiger, Y.; Lerman, Y. Applying Space Syntax for Surface Rapid Transit Planning. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 2019, 128, 59–72.

Ma, L, Rahman, M, Idris, A. O. (2017). *Impacts of transit fare policy on accessibility: A case study of Halifax, Canada.* Proceedings of the 52nd Annual Conference of the Canadian Transportation Research Forum (CTRF).

Petropavlovsk International Airport. (2024, January 23). https://mtrk.kz/ru/2024/01/23/85-tysyach-passazhirov-obsluzhil-ayeroport-p/

Republic of Kazakhstan. (2019). *Ob utverzhdenii Gosudarstvennoj programmy zhilishchno-kommunal'nogo razvitiya "Nurly Zher" na 2020-2025 gody* [On approval of the State program of housing and communal development "Nurly Zher" for 2020-2025] (Decree No. 968). https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1900000968/links

Republic of Kazakhstan. (2023). *Ob utverzhdenii Koncepcii razvitiya transportno-logisticheskogo potenciala Respubliki Kazahstan do 2030 goda* [On approval of the Concept for the development of the transport and logistics potential of the Republic of Kazakhstan until 2030] (Decree No. 270). https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2300000270

Resende, C. G., & Collins, P. J. J. W. (2011). *Gravity model calibration with genetic algorithms for freight distribution modeling* (VMASC Publications). Digital Commons @ ODU.

Spilanis, I., Kizos, T., et al. (2011). Developing a methodology for the determination of the intra-regional accessibility of islands: The case of the Aegean Sea islands, Greece. *Island Studies Journal*, 6(2).

Tiznado-Aitken, I., Muñoz, J. C., & Hurtubia, R. (2020). Public transport accessibility accounting for level of service and competition for urban opportunities: An equity analysis for education in Santiago de Chile. *Journal of Transport Geography*, 82, 102595.

Yang, R., Liu, Y., Liu, Y., Liu, H., & Gan, W. (2019). Comprehensive public transport service accessibility index–A new approach based on degree centrality and gravity model. *Sustainability*, 11(20), 5634. https://doi.org/10.3390/su11205634

Information about the authors:

Zholdasbek Adilet Bakytzhanuly – PhD student at the Department of Land Resources and Cadastre, Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: adilet_098.kz@mail.ru).

Orynbayev Nursultan Maratovich – PhD student at the Department of «Agricultural machinery and mechanical engineering», Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: nmaratovich999@gmail.com).

Molzhigitova Dinara Kumarbekovna – Head of the Program-Targeted Financing (PTF) Project, IRN BR24993222 "Building a decision support system for the natural and economic structure of the North Kazakhstan region in the context of sustainable development" Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail: dikosh.m@mail.ru).

Kadyr Shyryn – PhD student at the Department of Land Resources and Cadastre, Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail shyryn.kadyr@kaznaru.edu.kz).

Arystanov Asset – Head of the Remote Sensing and Mapping Group of the Program-Targeted Financing (PTF) Project, IRN BR24993222 "Building a decision support system for the natural and economic structure of the North Kazakhstan region in the context of sustainable development" Kazakh National Agrarian Research University (Almaty, Kazakhstan, e-mail asetarystanov87@gmail.com).

Сведения об авторах:

Жолдасбек Адилет Бакытжанулы – PhD докторант кафедры «Земельные ресурсы и кадастр» Казахского Национального Аграрного Исследовательского Университета (Алматы, Казахстан, e-mail: adilet_098.kz@mail.ru).

Орынбаев Нурсултан Маратович – PhD докторант кафедры «Аграрная техника и машиностроение» Казахского Национального Аграрного Исследовательского Университета

(Алматы, Казахстан, e-mail: nmaratovich999@gmail.com).

Молжигитова Динара Кумарбековна – руководитель программы ПЦФ ИРН BR 24993222 «Построение системы поддержки принятия решений для природно-хозяйственного обустройства территории Северо-Казахстанской области в контексте устойчивого развития» Казахского Национального Аграрного Исследовательского Университета (Алматы, Казахстан, e-mail: dikosh.m@mail.ru).

Кадыр Шырын Кадырбайкызы – PhD докторант кафедры «Земельные ресурсы и кадастр» Казахского Национального Аграрного Исследовательского Университета

(Алматы, Казахстан, e-mail: shyryn.kadyr@kaznaru.edu.kz).

Арыстанов Асет Амирханович – руководитель группы ДЗЗ и картографии программы ПЦФ ИРН BR 24993222 «Построение системы поддержки принятия решений для природно-хозяйственного обустройства территории Северо-Казахстанской области в контексте устойчивого развития» Казахского Национального Аграрного Исследовательского Университета (Алматы, Казахстан, e-mail: asetarystanov87@gmail.com).

Авторлар туралы мәлімет:

Жолдасбек Әділет Бақытжанұлы – «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының PhD докторанты, «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті» (Алматы, Қазақстан, e-mail: adilet_098.kz@mail.ru).

Орынбаев Нұрсұлтан Маратұлы – «Аграрлық техника және машина жасау» кафедрасының PhD докторанты, «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті» (Алматы, Қазақстан, e-mail: nmaratovich999@gmail.com).

Молжигитова Динара Кумарбековна – ЖРН BR24993222 «Тұрақты даму жағдайында Солтүстік Қазақстан облысы аумағының табиғи-экономикалық дамуының шешімдерін қамтамасыз ету жүйесін құру» бағдарламасының жетекшісі «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті» (Алматы, Қазақстан, e-mail: dikosh.m@mail.ru.).

Қадыр Шырын Қадырбайқызы – «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының PhD докторанты, «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті» (Алматы, Қазақстан, e-mail: shyryn.kadyr@kaznaru.edu.kz).

Арыстанов Асет Амирханович – ЖРН BR24993222 «Тұрақты даму жағдайында Солтүстік Қазақстан облысы аумағының табиғи-экономикалық дамуының шешімдерін қамтамасыз ету жүйесін құру» бағдарламасының ЖҚЗ және картография тобының жетекшісі «Қазақ Ұлттық Аграрлық Зерттеу Университеті» (Алматы, Қазақстан, e-mail: asetarystanov87@gmail.com).

Поступила: 15 марта 2026 года
Принята: 10 июня 2026 года