

Прикладная эконометрика, 2026, т. 81, с. 117–139.

Applied Econometrics, 2026, v. 81 pp. 117–139.

DOI: 10.22394/1993-7601-2026-81-117-139

EDN: GNGBTE

С. В. Бегичева, А. К. Бегичева¹

Пространственное моделирование факторов доступности амбулаторной медицинской помощи на муниципальном уровне: эмпирический анализ (на примере Свердловской области)

В статье анализируются факторы пространственной доступности амбулаторной медицинской помощи на муниципальном уровне. Исследование проведено на основе данных по 65 муниципальным образованиям Свердловской области за 2021 г. Для анализа использован модифицированный гравитационный индекс доступности, который учитывает распределение врачебных кадров и транспортную связанность территорий. Влияние факторов оценено с помощью пространственной модели Дарбина (SDM), для выявления локальных диспропорций применен анализ LISA. Полученные результаты подтвердили значительное влияние институциональных и экономических факторов на доступность медицинских услуг, проявляющееся как прямо, так и через механизмы перераспределения ресурсов между территориями. Обнаружен отрицательный коэффициент при пространственном лаге, который указывает на системный эффект вытеснения: рост доступности медицинской помощи в одних территориях сопровождается ее снижением в соседних. Локальный анализ пространственных эффектов позволил выделить зоны локальной неэффективности (32% выборки), где высокий ресурсный потенциал не приводит к повышению фактической доступности медицинских услуг. Полученные результаты уточняют механизмы территориального неравенства в сфере здравоохранения и могут быть использованы для разработки адресной региональной политики.

Ключевые слова: пространственные регрессионные модели; доступность медицинской помощи; межтерриториальные взаимодействия; локальные индексы пространственной автокорреляции; LISA; типология муниципальных образований; здравоохранение.

JEL classification: C31; I14; I18; R12.

1. Введение

Равная доступность медицинской помощи — один из ключевых индикаторов справедливой социальной политики и устойчивого территориального развития в России. Однако многие муниципальные образования сталкиваются с серьезными трудностями:

¹ Бегичева Светлана Викторовна — Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург; begichevas@mail.ru.

Бегичева Антонина Константиновна — НИУ ВШЭ, Москва; Abegicheva@hse.ru.

нехваткой медицинских ресурсов и ограничениями в доступе к качественным медицинским услугам. Этому способствуют институциональные особенности системы здравоохранения, социально-экономические условия, географическое положение и демографическая структура населения. Ситуацию усугубляет неравномерное распределение медицинских ресурсов, что усиливает территориальные различия в доступности помощи.

Традиционные методы оценки доступности медицинских услуг в основном ориентированы на локальные характеристики и не учитывают пространственный контекст, в котором она формируется. Это приводит к искажению картины межмуниципальных различий и недооценке влияния соседних территорий. В результате некоторые факторы, определяющие реальные условия получения медицинской помощи, остаются неучтенными.

Цель настоящего исследования — всесторонне проанализировать факторы, определяющие пространственную доступность амбулаторной медицинской помощи, с акцентом на межтерриториальные взаимодействия, механизмы перераспределения ресурсов и локальные диспропорции. В рамках работы проверяются гипотезы о влиянии институциональных, экономических, географических и демографических факторов, а также проводится типология муниципальных образований по признакам пространственного вытеснения и локальной неэффективности.

Хотя проблеме доступности медицинской помощи посвящено множество работ, в российской литературе пространственный аспект чаще рассматривается лишь на описательном уровне, без количественного анализа межтерриториальных взаимодействий. В зарубежных исследованиях, напротив, развитие получили методы пространственного анализа: регрессионные модели (Anselin, 1988; LeSage, Pace, 2009) и локальные индексы пространственной автокорреляции (Anselin, 1995).

Настоящее исследование предлагает подход, который сочетает гравитационное моделирование потенциальной доступности и пространственные регрессионные методы. Это позволяет не только оценить уровень доступности медицинской помощи, но и выявить взаимовлияние территорий, а также типологизировать муниципальные образования по признакам пространственного вытеснения и локальной неэффективности. Такой подход дает более точное понимание механизмов пространственного неравенства и может служить основой для обоснования региональной политики в сфере здравоохранения.

2. Обзор литературы

Исследование доступности медицинской помощи опирается на несколько подходов, различающихся по степени формализации и учету пространственных факторов.

Классические концепции (Penchansky, Thomas, 1981; Gulliford et al., 2002; Levesque et al., 2013) рассматривают доступность как многомерное явление, включающее географические, организационные, финансовые и социальные аспекты.

В пространственных исследованиях выделяют два ключевых измерения: (1) потенциальную доступность, отражающую теоретическую возможность получения помощи, и (2) реализованную доступность, характеризующую фактическое обращение населения за медицинскими услугами (Joseph, Phillips, 1984).

Для количественной оценки потенциальной доступности часто используют гравитационные модели, которые объединяют данные о мощности (пропускной способности)

медицинских учреждений и расстояниях до них (Luo, Wang, 2003). Однако такие модели не позволяют выявить причины межтерриториальных различий, поскольку игнорируют пространственную взаимозависимость. Ананченкова и Аксенова (2023) отмечают, что медико-географические подходы, основанные лишь на размещении объектов здравоохранения, не учитывают перемещение населения между территориями, и поэтому ограниченно применимы при анализе крупных регионов. Это подчеркивает необходимость перехода от описания инфраструктуры к оценке пространственного взаимодействия и межрегиональных потоков пациентов.

Учесть такую взаимозависимость помогают пространственные регрессионные модели, позволяющие оценить, как уровень доступности на определенной территории связан с характеристиками прилегающих территорий (Наумов и др., 2024). В здравоохранении это особенно актуально, поскольку перекрестные потоки пациентов и концентрация ресурсов в крупных центрах порождают эффекты пространственного перераспределения (spillover-эффекты) (Anselin, 1988; LeSage, Pace, 2009). Например, развитие медицинской инфраструктуры в одном узле медицинской сети может как повысить, так и снизить доступность услуг в соседних районах.

Современные исследования все чаще комбинируют оба подхода, используя гравитационный индекс в качестве зависимой переменной в пространственной регрессии. Например, Liu et al. (2021) применили модернизированную гравитационную модель на основе данных о пользовании смарт-картами общественного транспорта для оценки неравенства доступности медицинских услуг в Пекине, а затем проанализировали полученный индекс с помощью пространственной модели Дарбина, выявив пространственно-временную неоднородность и положительные межрайонные spillover-эффекты. Такой двухэтапный подход позволяет разграничить процессы измерения и объяснения доступности, обеспечивая более глубокий анализ ее детерминант.

В большинстве зарубежных исследований пространственные методы используются для анализа территориального неравенства и перераспределения ресурсов. Song et al. (2019) обнаружили значимую пространственную автокорреляцию в распределении медицинских ресурсов в Китае и выявили различия в прямых и косвенных эффектах для разных уровней системы здравоохранения. Среди ключевых факторов были выделены: транспортная доступность, отраслевая структура экономики и объем государственных расходов. Fu et al. (2021) показали, что экономически развитые провинции Китая становятся центром пространственной сети здравоохранения, привлекая пациентов и способствуя концентрации ресурсов. Hong et al. (2023) установили, что сочетание географических и социально-экономических препятствий приводит к формированию устойчивых зон с низкой доступностью первичной медицинской помощи в горных районах Западной Вирджинии.

В российских исследованиях применение пространственных эконометрических моделей остается ограниченным, однако сделанные выводы указывают на наличие системных пространственных эффектов. Например, Артамонов (2019) выявил зависимость доступности медицинских услуг от особенностей расселения населения и состояния транспортной инфраструктуры в Вологодской области, а Парфенова и Фалейчик (2020) обосновали необходимость создания межрайонных медицинских центров в Забайкальском крае. Сазанова и др. (2022), исследуя муниципальные районы Саратовской области, показали, что низкая доступность медицинской помощи обусловлена кадровым дефицитом и низкой плотностью населения, а также несоответствием нормативов штатной численности реальным потребностям.

Эти результаты дополняют выводы Логачевой (2022), зафиксировавшей существенные межрегиональные различия в доступности медицинских услуг в УрФО и ПФО, и Шартовой и др. (2023), отметивших устойчивые проблемы, связанные с удаленностью населенных пунктов от центров медицинского обслуживания в северных регионах России.

Совокупность российских и зарубежных исследований показывает, что пространственная доступность медицинской помощи формируется под влиянием инфраструктурных, демографических и социально-экономических факторов. Однако в отечественной литературе пока нет количественных оценок межтерриториальных взаимодействий, хотя эмпирические признаки таких взаимодействий присутствуют. Настоящее исследование направлено на развитие количественного направления пространственного анализа доступности медицинской помощи и предлагает формализованную методологию, основанную на интеграции гравитационного индекса потенциальной доступности с пространственной регрессионной моделью.

3. Методология исследования

3.1. Эмпирическая база и переменные

Для реализации поставленной задачи была сформирована эмпирическая база данных муниципальных образований Свердловской области, учитывающая как социально-экономические, так и демографические характеристики, а также пространственные зависимости. Такая база данных сделала возможным построение интегрального индекса потенциальной доступности и его последующий анализ с использованием пространственных регрессионных моделей.

Объект исследования и структура данных

В исследовании были использованы данные за 2021 г. по 65 из 94 муниципальных образований Свердловской области — региона, характеризующегося выраженной территориальной неоднородностью в размещении населения и объектов медицинской инфраструктуры. Из анализа были исключены муниципальные образования, по которым не удалось собрать полный объем данных, необходимых для вычисления индекса доступности медицинских услуг и построения объясняющих переменных.

Ввиду отсутствия детализированных сведений по отдельным медицинским учреждениям, для оценки доступности медицинских услуг были применены агрегированные данные на уровне муниципальных образований. Пространственные расчеты осуществлялись с использованием центроидов муниципальных образований, взвешенных по численности проживающего населения. Такой подход обеспечил учет реального пространственного распределения жителей и минимизировал погрешности, связанные с неоднородностью крупных территорий.

Источники и методы сбора данных

Для построения модели были использованы следующие источники информации:

- Управление Федеральной службы государственной статистики по Свердловской области и Курганской области — данные о социально-демографических и экономических характеристиках муниципальных образований;
- Министерство здравоохранения Свердловской области — статистика о медицинской инфраструктуре и обращаемости населения за амбулаторной помощью;

- OpenStreetMap и модуль маршрутизации OSRM — расчет времени в пути между муниципальными образованиями по автомобильной сети;
- собственные расчеты — индекс потенциальной доступности и пространственная матрица весов.

Для обеспечения сопоставимости данные по численности населения, обращаемости, предпринимательской активности и жилищным условиям были приведены к относительным показателям (на душу населения, на 10 тыс. жителей и т. п.).

Зависимая переменная — индекс потенциальной доступности амбулаторных медицинских услуг

В качестве зависимой переменной используется индекс потенциальной доступности амбулаторных медицинских услуг A_i , рассчитанный по модифицированной гравитационной модели с нормировкой по предложению:

$$A_i = \sum_{j=1}^N \frac{S_j}{Z_j} e^{-T_{ij}/\lambda}, \quad Z_j = \sum_{k=1}^M e^{T_{kj}/\lambda},$$

где A_i — индекс потенциальной доступности амбулаторных медицинских услуг для муниципального образования i ;

S_j — обеспеченность врачами (чел. на 10 тыс. населения) медицинского учреждения j (индикатор ресурсной обеспеченности);

T_{ij} — среднее время в пути от территории спроса i к точке предложения услуг j ;

λ — параметр пространственного затухания, отражающий снижение вероятности обращения с увеличением расстояния;

M — число территориальных единиц спроса (муниципальные образования, населенные пункты);

N — число точек предложения медицинских услуг (медицинские учреждения).

В рамках данного исследования $M = N = 65$.

Оптимальное значение $\lambda = 90$ минут выбрано на основе максимальной корреляции индекса с фактической обращаемостью ($\rho = 0.47$) (Бегичева, 2025).

Для проверки устойчивости результатов были протестированы альтернативные спецификации зависимой переменной: (1) обеспеченность врачами и (2) комбинированный индекс ресурсообеспеченности, включающий равнозначные доли обеспеченности врачами, средним персоналом и койками. Однако содержательным обоснованием выбора разработанного гравитационного индекса A_i является его концептуальная адекватность. В отличие от статистических показателей, индекс A_i измеряет именно потенциальную пространственную доступность, интегрируя ресурсный потенциал медицинских учреждений S_j и транспортную связанность муниципальных образований T_{ij} (Luo, Wang, 2003).

Применимость индекса A_i подтверждена эмпирически — он демонстрирует наибольшую корреляцию с фактической обращаемостью пациентов ($\rho = 0.47$), что указывает на высокую предсказательную способность модели. Кроме того, спецификации с использованием A_i обеспечили лучшую аппроксимацию данных и позволили выявить значимые пространственные зависимости, что делает этот показатель наиболее релевантным для анализа межтерриториальных взаимодействий в здравоохранении.

Независимые переменные и их интерпретация

В модель включены независимые переменные, сгруппированные в пять тематических блоков (табл. 1).

Таблица 1. Независимые переменные

Блок переменных	Переменная	Описание и интерпретация
1. Институциональные факторы медицинской инфраструктуры	<i>MMC_flag</i>	Наличие на территории межмуниципального медицинского центра (ММЦ); бинарная переменная
	<i>ekb</i>	Принадлежность к агломерации Екатеринбурга, отражает административный и инфраструктурный статус; бинарная переменная
2. Географическая удаленность	<i>travel_time</i>	Среднее время в пути до Екатеринбурга (в минутах); индикатор транспортной удаленности
3. Плотность населения	<i>population_density</i>	Плотность населения (чел./км ²); прокси-оценка уровня пространственной концентрации и потенциального спроса
4. Экономическое развитие территории	<i>msp</i>	Число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 жителей; показатель деловой активности
	<i>average_salary</i>	Средняя номинальная заработная плата (руб./мес.); индикатор уровня доходов населения
5. Социально-демографические факторы ограничения доступности	<i>share_elderly</i>	Доля населения в возрасте 65 лет и старше (%); отражает демографическую нагрузку и потребность в медицинских услугах
	<i>housing_area</i>	Средняя площадь жилья на одного жителя (м ²); индикатор общего уровня благополучия и потенциальной уязвимости

Для характеристики статистической базы рассчитаны описательные статистики (табл. 2).

Таблица 2. Описательные статистики переменных

Переменная	Среднее	SD	Минимум	Q1	Медиана	Q3	Максимум
<i>travel_time</i>	153.6	103.9	0.0	71.5	136.2	210.4	432.9
<i>population_density</i>	121.5	265.6	1.2	9.9	27.8	84.9	1225.5
<i>msp</i>	215.3	107.9	113.4	152.2	188.4	221.9	656.9
<i>salary</i>	41795.6	7817.6	31384.7	35301.5	39993.1	46208.1	70173.0
<i>share_elderly</i>	0.178	0.020	0.118	0.168	0.177	0.190	0.236
<i>housing_area</i>	29.2	4.4	21.5	25.9	28.4	31.5	45.0

Набор переменных ограничен наличием сопоставимых статистических данных на уровне муниципальных образований. В частности, в модель не были включены показатели финансирования и заработной платы врачей.

Среди демографических характеристик были протестированы две переменные: доля населения старше 65 лет и доля детей в возрасте от 1 года до 6 лет. Обе группы характеризуются повышенным спросом на медицинскую помощь, однако природа этого спроса различается. Обращаемость пожилых пациентов обусловлена хроническими заболеваниями

и необходимостью постоянного наблюдения, тогда как детская обращаемость сильнее зависит от организации местной педиатрии и плотности населения.

Тестирование альтернативных спецификаций показало, что одновременное включение обеих переменных не меняет выявляемые моделью закономерности и не улучшает ее объяснительную способность. Поэтому в итоговую спецификацию включена только доля пожилого населения как наиболее стабильный и концептуально релевантный индикатор демографической нагрузки на систему здравоохранения (Чукавина и др., 2024; Калашников, 2025).

Показатель обеспеченности врачами не вошел в итоговую спецификацию ввиду высокой корреляции с зависимой переменной, что могло бы привести к эндогенности.

3.2. Моделирование

Для проверки гипотез и анализа факторов, влияющих на потенциальную доступность амбулаторной помощи, был проведен регрессионный анализ с построением нескольких моделей. Последовательное применение линейной и пространственных моделей позволяет оценить локальные и межтерриториальные эффекты факторов, а также проверить устойчивость полученных результатов (Anselin et al., 1996).

Линейная модель (OLS)

В качестве базовой использовалась модель множественной линейной регрессии (OLS), описываемая следующим уравнением:

$$A = X\beta + \varepsilon,$$

где A — индекс потенциальной доступности в муниципальных образованиях, X — вектор объясняющих переменных, отражающих институциональные, географические и социально-экономические характеристики, ε — случайная ошибка.

На данном этапе проводилась стандартная диагностика модели, включающая проверку нормальности распределения остатков, тесты на гетероскедастичность и мультиколлинеарность, тесты на пространственную автокорреляцию остатков.

Пространственные модели (SAR, SEM, SDM)

Для учета пространственной зависимости между муниципальными образованиями были построены пространственные регрессионные модели.

Основным элементом пространственных моделей является матрица весов W , которая задает структуру взаимодействий между территориальными единицами. Ее элементы w_{ij} формализуют гипотезы о силе связи между парой наблюдений i и j (Anselin, 1988; LeSage, Pace, 2009). В прикладных исследованиях применяются различные способы спецификации матрицы весов: бинарная смежность (по типу «ладья» или «ферзь»), выбор фиксированного числа ближайших соседей (k ближайших соседей), а также использование пороговых расстояний (диапазонов расстояний). Чаще всего матрица весов нормируется по строкам, что позволяет интерпретировать пространственный лаг зависимой переменной WA как средневзвешенное значение показателя в соседних муниципалитетах.

1. Модель пространственной авторегрессии (SAR):

$$A = \rho WA + X\beta + \varepsilon,$$

где ρ — коэффициент пространственного лага зависимой переменной, W — пространственная матрица весов.

2. Модель с пространственной зависимостью в ошибках (SEM):

$$A = X\beta + u, \quad u = \lambda Wu + \varepsilon,$$

где λ — коэффициент пространственной корреляции ошибок регрессии.

3. Пространственная модель Дарбина (SDM):

$$A = \rho WA + X\beta + WX\theta + \varepsilon,$$

где $WX\theta$ — пространственные лаги объясняющих переменных, позволяющие учитывать как прямые, так и косвенные эффекты.

Более сложные спецификации, такие как комбинированная модель пространственной автокорреляции (SAC, Spatial Autocorrelation Model) и общая вложенная пространственная модель (GNS, General Nesting Spatial Model), которые объединяют различные формы пространственной зависимости, не применялись в связи с ограниченным объемом выборки и риском переобучения.

Для моделей, содержащих пространственный лаг зависимой переменной (SAR, SDM, SAC, GNS), коэффициенты β не интерпретируются напрямую как предельные эффекты из-за наличия обратной связи. Корректная интерпретация осуществляется с использованием метода декомпозиции эффектов (LeSage, Pace, 2009), который позволяет выделить:

- прямой эффект — влияние изменения предиктора в пределах одного муниципального образования на уровень доступности медицинских услуг в этом же муниципалитете;
- косвенный эффект (spillover) — влияние изменения предиктора в пределах одного муниципального образования на уровень доступности медицинских услуг соседних территорий;
- общий эффект — общее изменение в системе при изменении значений предиктора.

Для модели SEM декомпозиция не применяется, так как пространственная зависимость реализуется исключительно через структуру ошибок.

Качество моделей оценивалось с использованием стандартных диагностических метрик, включая информационные критерии Акаике (AIC) и Шварца (BIC), значение логарифма функции правдоподобия, коэффициент детерминации (R^2 или $pseudo-R^2$), пространственные коэффициенты (ρ или λ), а также результаты LR-теста отношения правдоподобия и теста Вальда для проверки значимости пространственных эффектов. Диагностика пространственной автокорреляции остатков проводилась с использованием индексов Морана I .

Все расчеты выполнены в среде R с использованием пакетов *spdep*, *sf*, *spatialreg*, *tidyverse* и *osmdata*.

3.3. Гипотезы исследования

Формирование гипотез основано на теоретических подходах к изучению доступности медицинской помощи как многофакторного процесса (Levesque et al., 2013; Ананченкова, Аксенова, 2023) и на концепции пространственной зависимости (Anselin, 1988).

В эмпирических проверках гипотез отдельные социально-экономические и институциональные показатели используются как прокси-переменные, отражающие более сложные механизмы (например: *msp* — как индикатор общего уровня экономического развития и налоговой базы территории, косвенно свидетельствующий о возможностях финансирования социальной сферы; *housing_area* — как показатель благосостояния населения; *share_elderly* — как характеристика возрастной уязвимости, отражающая трудности доступа пожилых людей к медицинским услугам, и т. п.). Гипотезы формулируются таким образом, чтобы отразить ожидаемое направление ассоциаций, а не утверждать наличие однозначных причинно-следственных связей.

Н1. Институциональные факторы медицинской инфраструктуры

а) Существует статистически значимая связь между наличием межмуниципального медицинского центра (*MMC_flag*) и индексом потенциальной доступности.

б) Существует статистически значимая связь между принадлежностью к агломерации Екатеринбурга (*ekb*) и индексом потенциальной доступности.

Н2. Географическая удаленность

Существует статистически значимая связь между транспортной удаленностью территории (*travel_time*) и индексом потенциальной доступности.

Н3. Плотность населения

Существует статистически значимая связь между плотностью населения (*population_density*) и индексом потенциальной доступности.

Н4. Экономическое развитие территории

а) Существует статистически значимая связь между средней заработной платой (*average_salary*) и индексом потенциальной доступности.

б) Существует статистически значимая связь между числом малых и средних предприятий (*msp*) и индексом потенциальной доступности.

Н5. Социально-демографические факторы ограничения доступности

а) Существует статистически значимая связь между долей пожилых жителей (*share_elderly*) и индексом потенциальной доступности.

б) Существует статистически значимая связь между уровнем жилищной обеспеченности (*housing_per_capita*) и индексом потенциальной доступности.

Н6. Пространственные взаимодействия

Существует статистически значимая связь между уровнем доступности в соседних муниципалитетах и локальным уровнем доступности (пространственный лаг зависимой переменной).

Структура гипотез отражает как теоретические предпосылки исследования, так и ограничения, связанные с доступностью статистических данных на уровне муниципальных образований.

3.4. Методологический подход к интерпретации пространственных эффектов

Для углубленного анализа пространственной структуры доступности амбулаторной медицинской помощи, помимо глобальных индикаторов (таких как индекс Морана *I*), использовались локальные индексы пространственной автокорреляции (LISA, Local Indicators

of Spatial Association), предложенные Anselin (1995). В то время как глобальные меры отражают усредненную степень пространственной зависимости, LISA позволяют выявить локальные отклонения и зоны дисбаланса.

Пространственный анализ LISA остатков модели SDM позволяет классифицировать муниципальные образования по четырем типам кластеров:

- HH (High-High) — территория с высокой доступностью, окруженная территориями с высокой доступностью;
- LL (Low-Low) — территория с низкой доступностью, окруженная территориями с низкой доступностью;
- HL (High-Low) — территория с высокой доступностью, расположенная среди территорий с низкой доступностью (локальный лидер);
- LH (Low-High) — территория с низкой доступностью, находящаяся среди территорий с высокой доступностью (локальный аутсайдер).

Особого внимания заслуживают территории типа LH, поскольку они могут испытывать межтерриториальное перераспределение ресурсов в пользу соседних территорий.

Для интерпретации выявленных дисбалансов разработан диагностический алгоритм, интегрирующий известные методы пространственной эконометрики, включая модель SDM, анализ остатков и LISA (Anselin, 1988; LeSage, Pace, 2009; Elhorst, 2014). Структура алгоритма является авторской и направлена на систематизацию существующих подходов путем выделения двух ключевых механизмов формирования ограниченной доступности:

- *пространственное вытеснение* — дефицит ресурсов, вызванный их перераспределением между территориями;
- *локальная неэффективность* — низкий уровень использования ресурсного потенциала из-за внутренних организационных барьеров.

Эти понятия развивают и уточняют традиционные категории «пространственной конкуренции» и «технической неэффективности», позволяя переходить от простого обнаружения пространственной автокорреляции к содержательной типологии дисбалансов при оценке доступности медицинских услуг.

Этап I. Идентификация зон пространственного вытеснения.

Идентификация зон пространственного вытеснения осуществляется в три шага:

- 1) анализ косвенных эффектов модели SDM и коэффициента пространственного лага ρ , отражающих межтерриториальное перераспределение ресурсов и миграцию пациентов;
- 2) выделение территорий с отрицательными стандартизированными остатками ниже порога -1.96σ , что соответствует уровню значимости 95% и указывает на статистически значимое расхождение фактических показателей доступности и предсказанных моделью;
- 3) проверка принадлежности территории к кластеру Low-High по LISA, что подтверждает наличие асимметричной конфигурации «недоступная территория — соседние территории с высоким уровнем доступности».

Только при совпадении всех трех диагностических критериев территория может быть классифицирована как зона вытеснения, что минимизирует вероятность ложной идентификации.

Этап II. Идентификация зон локальной неэффективности.

Для выделения зон локальной неэффективности используется следующая система диагностических критериев:

- наличие ресурсного потенциала выше медианного уровня (например, кадровое или инфраструктурное обеспечение);
- фактическая доступность медицинского обслуживания ниже медианного уровня;
- статистическая незначимость прямых эффектов этих факторов в модели SDM.

Такая комбинация указывает на наличие внутренних организационно-управленческих ограничений, а не на межтерриториальное перераспределение ресурсов.

Устойчивость результатов к выбору порогового значения проверялась с помощью анализа чувствительности, включавшего различные критерии отсека ($-\sigma$, -1.96σ , -2σ , нижний дециль). Анализ подтвердил общую устойчивость выводов и позволил глубже раскрыть пространственные взаимодействия в регионе.

Таким образом, предложенный алгоритм не заменяет стандартные методы пространственного анализа, а усиливает их интерпретационные возможности. Несмотря на то что метод ориентирован на модель SDM, его основные элементы — анализ лага, остатков и локальной автокорреляции — могут быть адаптированы и к другим спецификациям (SAR, SEM).

Предложенный диагностический алгоритм имеет ограничения — его результаты чувствительны к выбору пространственной матрицы весов и спецификации базовой модели SDM, включая состав объясняющих переменных. Тем не менее, этот подход позволяет системно разграничивать внешние (пространственное вытеснение) и внутренние (локальная неэффективность) механизмы пространственных дисбалансов.

4. Результаты пространственного моделирования

В данном исследовании использовалась пространственная матрица весов, созданная по принципу k ближайших соседей. Такой подход позволяет учитывать реальную географическую близость территорий, а не только их административную сопряженность, что особенно важно в условиях значительной территориальной неоднородности (Anselin, 1988; LeSage, Pace, 2009). Параметр k установлен равным 5 на основе последовательности тестов, в ходе которых оценивались пространственные модели SAR и SDM при значениях k от 3 до 6, при этом выбор сделан на основе минимального значения информационного критерия Акаике (AIC).

4.1. Сравнение моделей

Для сопоставления качества моделей и проверки характера пространственной зависимости был проведен анализ нескольких спецификаций — от линейной модели до модели Дарбина. Подробная диагностика пространственной автокорреляции остатков модели OLS представлена в табл. 3, а сводные результаты — в табл. 4.

Таблица 3. Диагностика пространственной автокорреляции остатков модели OLS

Тест	Статистика	df	P -значение
Moran's I	-0.368	1	0.643
LM test (spatial lag)	3.353	1	0.067

Robust LM (spatial lag)	5.269	1	0.022
LM test (spatial error)	0.329	1	0.566
Robust LM (spatial error)	2.246	1	0.134

Таблица 4. Сравнение пространственных спецификаций модели

Показатель	OLS	SAR	SEM	SDM
<i>Intercept</i>	0.667 (0.343)	0.113*** (0.368)	0.652* (0.317)	0.164 (0.824)
<i>MMC_flag</i>	0.308*** (0.067)	0.274*** (0.060)	0.292*** (0.064)	0.125* (0.065)
<i>ekb</i>	0.344 (0.229)	0.329 (0.205)	0.414 (0.220)	0.570*** (0.187)
<i>travel_time</i>	0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.000 (0.000)	-0.002** (0.001)
<i>msp</i>	0.001* (0.000)	0.001** (0.000)	0.001 (0.000)	0.001*** (0.000)
<i>share_elderly</i>	-1.029 (1.602)	-1.311 (1.422)	-0.975 (1.501)	0.069 (1.354)
<i>housing_area</i>	0.008 (0.007)	0.011 (0.006)	0.010 (0.006)	0.009 (0.006)
<i>lag.MMC_flag</i>				-0.337* (0.161)
<i>lag.ekb</i>				2.131*** (0.581)
<i>lag.travel_time</i>				0.002 (0.001)
<i>lag.msp</i>				-0.002** (0.001)
<i>lag.share_elderly</i>				3.661 (3.489)
<i>lag.housing_area</i>				0.021 (0.013)
ρ		-0.486** (0.204)		-0.501** (0.229)
λ			-0.360 (0.252)	
AIC	-18.335	-21.488	-17.250	-30.173
BIC	-1.852	-2.944	1.294	0.734
LogLikelihood	17.168	19.744	17.625	30.086
R^2 / $pseudo-R^2$	0.510	0.566	0.526	0.696
LR Test ($\rho = 0 / \lambda = 0$)	—	5.153**	0.915	25.838***
Wald test	—	5.707**	2.040	4.794**
Число наблюдений	65	65	65	65

Примечание. * — $p < 0.1$, ** — $p < 0.05$, *** — $p < 0.01$. В скобках представлены стандартные ошибки.

Модель OLS продемонстрировала умеренное качество подгонки ($R^2 = 0.510$), но не выявила значимой пространственной автокорреляции остатков (табл. 3). Несмотря на то что глобальный индекс Морана для остатков модели OLS не выявил статистически значимой автокорреляции, робастный LM-тест на пространственный лаг ($p < 0.05$) подтвердил необходимость

учета пространственной зависимости (Anselin et al., 1996). Это стало основанием для перехода к моделям с лагом (SAR, SEM и SDM), что соответствует стандартной процедуре спецификации.

SAR показала значимый отрицательный коэффициент пространственного лага ($\rho = -0.486$, $p < 0.05$), что свидетельствует о наличии пространственной зависимости доступности медицинских услуг между соседними муниципалитетами. Значимость пространственной компоненты подтверждается LR-тестом и тестом Вальда.

SEM включена для методологического сравнения и показала худшие показатели качества, без выявления пространственной зависимости ошибок

Наиболее информативной и устойчивой оказалась модель SDM. Она продемонстрировала лучшие показатели качества модели ($R^2 = 0.696$, $AIC = -30.173$), подтвердив значимость как прямых, так и косвенных пространственных эффектов, и обеспечила статистически значимое улучшение по сравнению с SAR, что подтверждается результатами LR-теста.

Для проверки корректности спецификации модели и обоснованности применения пространственной регрессии была проведена серия диагностических тестов. Остатки OLS соответствуют нормальному распределению (тест Шапиро–Уилка, $p = 0.29$) и не демонстрируют гетероскедастичности (тест Бреуша–Пагана, $p = 0.32$). Мультиколлинеарность находится в допустимых пределах, значения VIF для всех переменных не превышают 2.7.

Таким образом, модель SDM была выбрана основной для дальнейшего анализа.

4.2. Интерпретация коэффициентов модели SDM

В окончательную спецификацию SDM были включены шесть объясняющих переменных:

- наличие межмуниципального медицинского центра (*MMC_flag*);
- принадлежность территории к Екатеринбург (*ekb*);
- среднее расчетное время в пути до регионального центра (*travel_time*);
- число субъектов малого и среднего предпринимательства на 1000 жителей (*msp*);
- доля населения старше 65 лет (*share_elderly*);
- средняя площадь жилья на одного жителя (*housing_area*).

Переменные *salary* и *population_density* были исключены на этапе отбора вследствие отсутствия устойчивой статистической значимости и умеренной корреляции с переменной *msp* ($\rho = 0.54$ для *salary* и $\rho = 0.57$ для *population_density*), что увеличивает риск мультиколлинеарности без улучшения качества модели.

Оценки коэффициентов модели представлены в табл. 5.

Основные выводы по результатам модели SDM следующие:

- переменные *MMC_flag* и *msp* демонстрируют разнонаправленные прямые и косвенные эффекты, что делает совокупное влияние статистически незначимым;
- переменная *ekb* показывает устойчивые положительные эффекты как на локальном, так и на соседнем уровнях;
- для *travel_time* зафиксирован отрицательный прямой эффект, компенсируемый положительным косвенным, что приводит к статистически незначимому общему результату;
- переменная *housing_area* характеризуется значимым положительным совокупным эффектом;
- переменная *share_elderly* не продемонстрировала статистически значимых связей.

Таблица 5. Пространственные эффекты (модель SDM)

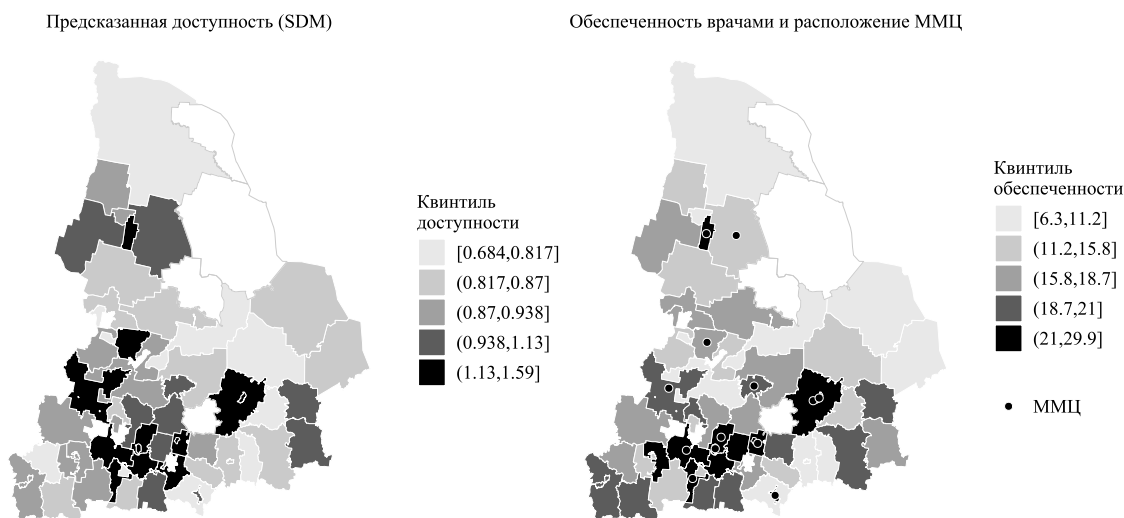
Переменная	Прямой эффект	Косвенный эффект	Общий эффект
<i>MMC_flag</i>	0.151** (0.064)	-0.292** (0.133)	-0.141 (0.168)
<i>ekb</i>	0.452** (0.192)	1.347** (0.472)	1.798*** (0.540)
<i>travel_time</i>	-0.002** (0.001)	0.002* (0.001)	0.000 (0.000)
<i>msp</i>	0.001*** (0.000)	-0.002** (0.000)	0.000 (0.001)
<i>share_elderly</i>	-0.163 (1.360)	2.647 (2.744)	2.484 (2.890)
<i>housing_area</i>	0.007 (0.006)	0.012 (0.010)	0.020** (0.009)

Примечание. * — $p < 0.1$, ** — $p < 0.05$, *** — $p < 0.01$. В скобках представлены стандартные ошибки.

Таким образом, модель SDM выявила сложную систему разнонаправленных пространственных взаимосвязей.

4.3. Пространственные паттерны доступности

Пространственное распределение ключевых факторов и зависимой переменной представлено на двух картах (рис. 1). Левая карта иллюстрирует значения индекса доступности, правая — обеспеченность муниципалитетов врачебными кадрами. Для облегчения визуализации на карту с обеспеченностью врачебными кадрами дополнительно добавлены ММЦ.

**Рис. 1.** Пространственное распределение факторов и зависимой переменной

Сравнение карт демонстрирует, что высокая обеспеченность врачами и наличие ММЦ характерны для крупных населенных пунктов, при этом индекс доступности показывает существенную межтерриториальную вариативность. Это свидетельствует о наличии факторов перераспределения ресурсов и локальных дисбалансов.

5. Обсуждение

5.1. Анализ результатов проверки гипотез и сопоставление с предыдущими исследованиями

Проверка гипотез позволила соотнести эмпирические результаты с теоретическими предположениями. Часть гипотез подтвердилась, часть была отклонена, а некоторые показали неоднозначные эффекты.

H1. Институциональные факторы медицинской инфраструктуры

Подтверждена. Переменные *MMC_flag* (наличие межмуниципального медицинского центра) и *ekb* (принадлежность к агломерации Екатеринбурга) оказались статистически значимыми по прямым эффектам ($p < 0.05$). При этом для *MMC_flag* зафиксирован отрицательный косвенный эффект ($p < 0.05$), который компенсирует прямое влияние, и совокупный эффект остается статистически незначимым. В свою очередь, переменная *ekb* демонстрирует значимый положительный общий эффект ($p < 0.01$) за счет прямого и косвенного влияния, отражая преимущества административных центров. Эти результаты согласуются с исследованиями (Gulliford et al., 2002; Levesque et al., 2013; Парфенова, Фалейчик, 2020; Калашников, Артамонов, 2020).

H2. Географическая удаленность

Частично подтверждена. Переменная *travel_time* выявила отрицательный и статистически значимый прямой эффект ($p < 0.05$). Однако общий эффект оказался незначимым, что может быть объяснено действием компенсаторных механизмов, в частности, пространственной мобильностью населения и использованием личного автотранспорта (Fu et al., 2021). В российской литературе логистические барьеры описывались качественно (Шартова и др., 2023).

H3. Плотность населения

Отклонена. Переменную *population_density* исключили из итоговой модели из-за высокой корреляции с другими факторами и отсутствия статистической значимости. Это подчеркивает нелинейный характер влияния: в урбанизированных районах высокая плотность может приводить к перегрузке инфраструктуры, тогда как в сельских — к дефициту учреждений (Liu et al., 2020; Сазанова и др., 2022).

H4. Экономическое развитие территории

Частично подтверждена. Переменная *average_salary* была исключена из модели из-за низкой статистической значимости. Переменная *msp* (предпринимательская активность) продемонстрировала положительный прямой ($p < 0.01$) и отрицательный косвенный эффекты ($p < 0.05$), что отражает двойственный характер влияния: экономически развитые территории обладают лучшей инфраструктурой, но одновременно перетягивают ресурсы

и пациентов из соседних муниципалитетов. Эти результаты согласуются с выводами исследований, в которых подчеркивается связь между уровнем экономического развития и доступностью медицинской помощи (Hong et al., 2023; Shah et al., 2016; Быков и др., 2021; Ананченкова, Аксенова, 2023).

Н5. Социально-демографические факторы ограничения доступности

Частично подтверждена. Переменная *share_elderly* (доля пожилого населения) оказалась статистически незначимой, что может свидетельствовать о наличии компенсаторных механизмов, таких как выездная медицина или организация фельдшерско-акушерских пунктов. Переменная *housing_area* (жилищная обеспеченность) продемонстрировала значимый общий эффект ($p < 0.05$). Это указывает на наличие связи между доступностью медицинской помощи и уровнем социального благополучия, что соответствует концепции «социального градиента здоровья» (Witrick et al., 2023; Сазанова и др., 2022; Чукавина и др., 2024).

Н6. Пространственные взаимодействия

Подтверждена. Значимый отрицательный коэффициент пространственного лага ($\rho = -0.486$, $p < 0.05$) свидетельствует о конкурентном перераспределении ресурсов между территориями. Рост доступности в одних муниципалитетах сопровождается относительным снижением в соседних. В отличие от большинства российских исследований, где подобные эффекты описываются качественно (Калашников, Артамонов, 2020), в настоящей работе пространственная взаимозависимость оценена количественно.

Проведенный анализ показывает, что традиционные модели оценки доступности, основанные исключительно на локальных характеристиках территорий, игнорируют сложную природу формирования пространственного неравенства в системе здравоохранения. Это подчеркивает потребность в изменении принципов проектирования медицинской инфраструктуры — от фрагментарного размещения учреждений к формированию территориально интегрированных сетей с компенсационными механизмами. Детальное исследование особенностей пространственного вытеснения и локальных дисбалансов приводится далее.

5.2. Интерпретация пространственной зависимости

Модель SDM показала, что доступность медицинских услуг формируется не автономно, а в рамках взаимосвязанной системы территорий. Значимый отрицательный коэффициент пространственного лага (табл. 4) указывает на эффект пространственного вытеснения — рост доступности в одних муниципалитетах сопровождается ее снижением в соседних.

Механизм вытеснения обусловлен не столько прямыми рыночными процессами, сколько структурной централизацией системы здравоохранения, которая проявляется через организацию маршрутизации пациентов и кумулятивное преимущество крупных медицинских центров. Негативные косвенные эффекты переменных *MMC_flag* и *msp* указывают на то, что институциональные и экономические ресурсы отдельных территорий ухудшают условия оказания медицинской помощи в прилегающих муниципалитетах.

Диагностика локальных диспропорций проводилась с применением разработанного в исследовании пошагового диагностического алгоритма, включающего оценку пространственных эффектов в модели SDM, анализ остатков и выявление локальных кластеров методом LISA.

Алгоритм позволил классифицировать муниципалитеты по признакам пространственного вытеснения и локальной неэффективности (рис. 2). Территории, относящиеся к зоне пространственного вытеснения (одновременно испытывающие негативное влияние соседей, имеющие отрицательные остатки и принадлежащие к кластерам типа Low-High), в регионе не выявлены. Эффект вытеснения проявляется диффузно, в виде постепенного перераспределения доступности медицинских услуг в пользу крупных медицинских центров, без ярко выраженных локальных точек дефицита.

Более выраженными оказались территории с признаками локальной неэффективности — 21 муниципальное образование (32% выборки), где высокий ресурсный потенциал ($msp > 188.4$ на 1000 чел., $housing_area > 28.35$ м² на чел.) сопровождается сравнительно низким уровнем доступности медицинских услуг ($A_i < 0.998$). Большинство таких территорий расположено поблизости от крупных медицинских центров (рисунки 1 и 2), где жители предпочитают обращаться к ближайшим крупным провайдерам, оставляя местные ресурсы невостребованными.

Причины локальных отклонений различны. Например, Ивдельский муниципальный округ демонстрирует отрицательные остатки, вероятно, из-за пространственной раздробленности и плохой транспортной связанности поселений с районным центром. Каменский городской округ сталкивается с оттоком пациентов в расположенный неподалеку ММЦ г. Каменск-Уральского, что снижает локальную обращаемость и искажает показатели доступности. Противоположный пример — Ново-Лялинский муниципальный округ, единственный вошедший в кластер НН по результатам анализа LISA, где реальная доступность превышает прогнозируемую ($A_i = 0.922$ против 0.741), что может указывать на устойчивые локальные факторы, не учтенные в модели (например, стабильный кадровый состав или исторические благоприятные условия инфраструктуры).

Таким образом, пространственные взаимодействия между территориями асимметричны — районы с высокой доступностью обычно соседствуют с районами с низкими показателями, при этом обратный положительный перенос почти отсутствует. Это свидетельствует о слабой пространственной интеграции и обосновывает необходимость целевых мер.

Основания для предлагаемых рекомендаций напрямую связаны с результатами модели SDM. Предлагаемые меры следуют из выявленных статистических эффектов.

Для противодействия пространственному вытеснению, выявляемому по значимому отрицательному пространственному лагу ($\rho < 0$) и отрицательным косвенным эффектам переменных MMC_flag и msp , необходимы меры межмуниципальной координации: развитие транспортной доступности, организация выездных медицинских

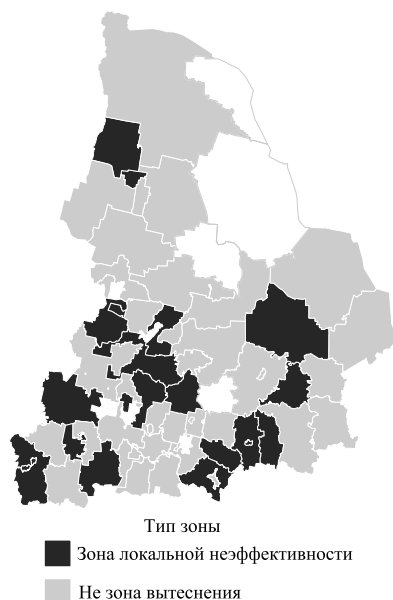


Рис. 2. Зоны локальной неэффективности доступности медицинских услуг (белые области соответствуют образованиям, по которым нет данных)

услуг и компенсация транспортных расходов жителям удаленных территорий при обращении за медицинской помощью.

Для зон локальной неэффективности, диагностированных по комбинации высокого ресурсного потенциала (*msp, housing_area*) с низкой фактической доступностью медицинских услуг (*A_i*), требуется проведение институциональных реформ на местном уровне, направленных на совершенствование управления, обеспечение кадровой стабильности и повышение прозрачности распределения ресурсов.

6. Заключение

Исследование продемонстрировало, что пространственная доступность амбулаторной медицинской помощи формируется не только ресурсным потенциалом отдельных территорий, но и межтерриториальными взаимодействиями. Институциональные и экономические факторы оказывают прямое и статистически значимое влияние на доступность, тогда как демографические и географические факторы воздействуют опосредованно, проявляясь через пространственные зависимости.

Основным результатом исследования стало выявление системного эффекта пространственного вытеснения ($\rho = -0.486, p < 0.05$). А именно, повышение доступности медицинской помощи в одних территориальных образованиях сопровождается относительным снижением этого показателя в соседних, прежде всего, вследствие концентрации ресурсов в крупных медицинских центрах.

Методологический вклад данного исследования заключается в разработке оригинального алгоритма диагностики пространственных диспропорций доступности. Алгоритм сочетает оценку пространственных эффектов модели SDM, анализ остатков и применение локальных индексов пространственной автокорреляции (LISA). Применение алгоритма к данным по Свердловской области позволило выделить два сценария формирования ограниченной доступности:

- пространственное вытеснение — перераспределение ресурсов в пользу крупных центров, проявляющееся равномерно, без локальных очагов дефицита;
- локальная неэффективность — 21 муниципальное образование (32% выборки), где высокий ресурсный потенциал не трансформируется в повышение доступности медицинских услуг из-за внутренних организационно-управленческих барьеров.

Практический вывод исследования состоит в том, что пространственные взаимодействия между территориями играют ключевую роль в формировании регионального неравенства в доступе к медицинской помощи. Стандартные подходы к региональной политике здравоохранения, ориентированные на единую стратегию инфраструктурного развития, требуют переосмысления. Предложенный метод позволяет определить источники трудностей (внешние или внутренние) и разработать такие адресные меры, как развитие межмуниципальных соглашений, сетевые формы обслуживания, компенсации для периферийных территорий.

Вместе с тем результаты требуют осторожной интерпретации. Основными ограничениями исследования являются малый размер выборки (65 муниципалитетов), использование данных за один год и агрегированный характер информации, не учитывающий реальные потоки пациентов и внутримunicipальные различия. Это снижает возможности установления причинно-следственных связей и уменьшает статистическую значимость выводов.

Перспективным направлением дальнейшей работы является развитие микроуровневого подхода, основанного на анализе реальных передвижений пациентов, а также интеграция диагностического алгоритма с оценками эффективности муниципальных систем здравоохранения, получаемыми методом Data Envelopment Analysis (DEA) (Бегичева и др., 2025). Такое объединение позволит отличить внутреннюю управленческую неэффективность от пространственного перераспределения ресурсов и повысить точность стандартных оценок эффективности.

Предложенный подход к типологизации муниципальных образований может быть использован в других регионах с высокой территориальной неоднородностью как инструмент пространственно-ориентированной региональной политики.

Благодарности. Авторы выражают благодарность анонимным рецензентам за ценные комментарии и рекомендации.

Список литературы

- Ананченкова П. И., Аксенова Е. И. (2023). Развитие медико-географических исследований в контексте доступности медицинской помощи населению. *Бюллетень Национального научно-исследовательского института общественного здоровья имени Н. А. Семашко*, 3, 123–126. DOI: 10.25742/NRIPH.2023.03.020.
- Артамонов И. В. (2019). Доступность медицинских услуг в регионе: пространственный аспект. *Современная экономика: проблемы и решения*, 10, 139–154. DOI: 10.17308/meps.2019.10/2233.
- Бегичева С. В. (2025). Пространственное моделирование инфраструктурной доступности медицинских услуг (кейс Свердловской области). *AlterEconomics*, 22 (2), 340–361. DOI: 10.31063/AlterEconomics/2025.22-2.9.
- Бегичева С. В., Калабина Е. Г., Назаров Д. М. (2025). Сравнительный анализ эффективности муниципального здравоохранения методом DEA: кейс Свердловской области. *Journal of Applied Economic Research*, 24 (2), 491–527. DOI: 10.15826/vestnik.2025.24.2.017.
- Быков А. В., Красильникова М. Д., Понкратова О. Ф., Ракута Н. В., Шишкин С. В. (2021). Неравенство в сфере здравоохранения: Аналитический доклад. Под ред. С. В. Шишкина. Москва: НИУ ВШЭ. DOI: 10.17323/978-5-7598-2633-0.
- Калашников К. Н. (2025). Доступность и качество медицинской помощи для пожилого населения как особой социально-демографической группы. *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*, 18 (2), 180–193. DOI: 10.15838/esc.2025.2.98.10.
- Калашников К. Н., Артамонов И. В. (2020). Здравоохранение сельских территорий: пространственно-временные аспекты доступности. *Проблемы развития территории*, 2 (106), 120–132. DOI: 10.15838/ptd.2020.2.106.9.
- Логачева Н. М. (2022). Методика оценки доступности инфраструктуры здравоохранения в регионах РФ. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки*, 2, 191–205. DOI: 10.15593/2224-9354/2022.2.13.
- Наумов И. В., Никулина Н. Л., Барыбина А. З., Саломатова А. А., Красных С. С., Пономарева А. О., Седельников В. М. (2024). *Приоритеты пространственного развития Уральского федерального округа*. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН.
- Парфенова К. В., Фалейчик Л. М. (2020). Оценка транспортной доступности межрайонных медицинских центров Забайкальского края. *Социальные аспекты здоровья населения*, 66 (4), 8. DOI: 10.21045/2071-5021-2020-66-4-8.

- Сазанова Г. Ю., Пономарев А. Д., Мириева И. Д., Пузаков К. К., Юранова Ю. В., Нежибовская Н. Р. (2022). Проблемы организации медицинской помощи населению муниципальных районов Саратовской области. *Здравоохранение Российской Федерации*, 66 (3), 208–212. DOI: 10.47470/0044-197X-2022-66-3-208-212.
- Чукавина А. В., Выходчиков В. С., Тюфиллин Д. С., Соломянник И. А., Ткачева О. Н., Кобякова О. С. (2024). Барьеры доступности и организационные барьеры при получении медицинской помощи пожилыми людьми. *Российский журнал гериатрической медицины*, 4 (20), 296–304. DOI: 10.37586/2686-8636-4-2024-296-304.
- Шартова Н. В., Грищенко М. Ю., Ватлина Т. В. (2023). Территориальная доступность медицинских учреждений для жителей севера России. *Вестник Московского университета. Серия 5: География*, 78 (5), 104–114. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.10.
- Anselin L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-94-015-7799-1.
- Anselin L. (1995). Local indicators of spatial association — LISA. *Geographical Analysis*, 27, 93–115. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Anselin L., Bera A. K., Florax R., Yoon M. J. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26 (1), 77–104. DOI: 10.1016/0166-0462(95)02111-6.
- Elhorst J. P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-40340-8.
- Fu L., Xu K., Liu F., Liang L., Wang Z. (2021). Regional disparity and patients mobility: Benefits and spillover effects of the spatial network structure of the health services in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (3), 1096. DOI: 10.3390/ijerph18031096.
- Gulliford M., Figueroa-Munoz J., Morgan M., Hughes D., Gibson B., Beech R., Hudson M. (2002). What does ‘access to health care’ mean? *Journal of Health Services Research & Policy*, 7 (3), 186–188. DOI: 10.1258/135581902760082517.
- Hong I., Wilson B., Gross T., Conley J., Powers T. (2023). Challenging terrains: Socio-spatial analysis of primary health care access disparities in West Virginia. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 16 (1), 141–161. DOI: 10.1007/s12061-022-09472-0.
- Joseph A. E., Phillips D. R. (1984). *Accessibility and utilization: Geographical perspectives on health care delivery*. Harper & Row.
- LeSage J., Pace R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics (1st ed.)*. Chapman and Hall/CRC. DOI: 10.1201/9781420064254.
- Levesque J. F., Harris M. F., Russell G. (2013). Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. *International Journal for Equity in Health*, 12, 18. DOI: 10.1186/1475-9276-12-18.
- Liu T., Li J., Chen J., Yang S. (2020). Regional differences and influencing factors of allocation efficiency of rural public health resources in China. *Healthcare*, 8 (3), 270. DOI: 10.3390/healthcare8030270.
- Liu X., Lin Z., Huang J., Gao H., Shi W. (2021). Evaluating the inequality of medical service accessibility using smart card data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (5), 2711. DOI: 10.3390/ijerph18052711.
- Luo W., Wang F. (2003). Measures of spatial accessibility to healthcare in a GIS environment: Synthesis and a case study in Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30 (6), 865–884. DOI: 10.1068/b29120.

- Penchansky R., Thomas J. W. (1981). The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction. *Medical Care*, 19 (2), 127–140. DOI: 10.1097/00005650-198102000-00001.
- Shah T. I., Bell S., Wilson K. (2016). Spatial accessibility to health care services: Identifying under-serviced neighbourhoods in Canadian urban areas. *PLoS ONE*, 11 (12), e0168208. DOI: 10.1371/journal.pone.0168208.
- Song X., Wei Y., Deng W., Zhang S., Zhou P., Liu Y., Wan J. (2019). Spatio-temporal distribution, spillover effects and influences of China's two levels of public healthcare resources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (4), 582. DOI: 10.3390/ijerph16040582.
- Witrick B., Dotson T. S., Annie F., Kimble W., Kemper E., Hendricks B. (2023). Poverty and population health — The need for a paradigm shift to capture the working poor and better inform public health planning. *Social Science & Medicine*, 336, 116249. DOI: 10.1016/j.socscimed.2023.116249.

Поступила в редакцию 04.08.2025;
принята в печать 28.10.2025

Begicheva S. V., Begicheva A. K. Spatial modeling of factors influencing outpatient healthcare accessibility at the municipal level: An empirical analysis (case study of Sverdlovsk oblast). *Applied Econometrics*, 2026, v. 81, pp. 117–139.

DOI: 10.22394/1993-7601-2026-81-117-139.

Svetlana Begicheva

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation;
begichevas@mail.ru

Antonina Begicheva

HSE University, Moscow, Russian Federation;
Abegicheva@hse.ru

Spatial modeling of factors influencing outpatient healthcare accessibility at the municipal level: An empirical analysis (case study of Sverdlovsk oblast)

The article examines the factors of spatial accessibility of outpatient healthcare at the municipal level. The study is based on data from 65 municipalities of Sverdlovsk Region for the year 2021. A modified gravity-based accessibility index was applied, accounting for the distribution of medical personnel and the transport connectivity of territories. The impact of explanatory factors was assessed using the Spatial Durbin Model (SDM), while local disparities were identified through LISA analysis. The results confirmed the significant impact of institutional and economic factors on the accessibility of medical services, with this influence manifesting both directly and through mechanisms of resource redistribution between territories. A negative spatial lag coefficient ($\rho = -0.49$, $p < 0.05$) was identified, indicating a systemic crowding-out effect: an increase in accessibility in some territories is accompanied by its decrease in neighboring ones. Local analysis revealed zones of local inefficiency (32% of the sample), where high resource potential does not translate into improved actual healthcare accessibility. The findings refine the understanding of mechanisms of territorial inequality in healthcare and provide a basis for the development of targeted regional policies.

Keywords: spatial regression models; healthcare accessibility; inter-territorial interactions; local Indicators of spatial association; LISA; typology of municipalities; healthcare.

JEL classification: C31; I14; I18; R12.

References

- Ananchenkova P. I., Aksenova E. I. (2023). Development of medico-geographical research in the context of accessibility of medical care to the population. *Bulletin of Semashko National Research Institute of Public Health*, 3, 123–126 (in Russian). DOI: 10.25742/NRIPH.2023.03.020.
- Artamonov I. V. (2019). Accessibility of medical services in the region: Spatial aspect. *Modern Economics: Problems and Solutions*, 10 (118), 139–154 (in Russian). DOI: 10.17308/meps.2019.10/2233.
- Begicheva S. V. (2025). Spatial modeling of healthcare accessibility using probabilistic methods: A case study of Sverdlovsk Oblast. *AlterEconomics*, 22 (2), 340–361 (in Russian). DOI: 10.31063/AlterEconomics/2025.22-2.9.
- Begicheva S. V., Kalabina E. G., Nazarov D. M. (2025). Comparative analysis of municipal healthcare efficiency using the DEA method: The case of Sverdlovsk region. *Journal of Applied Economic Research*, 24 (2), 491–527 (in Russian). DOI: 10.15826/vestnik.2025.24.2.017.
- Bykov A. V., Krasilnikova M. D., Ponkratova O. F., Rakuta N. V., Shishkin S. V. (2021). *Inequality in health care*. Moscow: HSE University (in Russian). DOI: 10.17323/978-5-7598-2633-0.
- Kalashnikov K. N. (2025). Healthcare access and quality for older adults as a special socio-demographic group. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*, 18 (2), 180–193 (in Russian). DOI: 10.15838/esc.2025.2.98.10.
- Kalashnikov K. N., Artamonov I. V. (2020). Health care in rural areas: Spatial and temporal aspects of accessibility. *Problems of Territory's Development*, 2 (106), 120–132 (in Russian). DOI: 10.15838/ptd.2020.2.106.9.
- Logacheva N. M. (2022). Methodology for assessing the availability of healthcare infrastructure in the regions of Russian Federation. *PNRPU Sociology and Economics Bulletin*, 2, 191–205 (in Russian). DOI: 10.15593/2224-9354/2022.2.13.
- Naumov I. V., Nikulina N. L., Barybina A. Z., Bychkova A. A., Krasnykh S. S., Ponomareva A. O., Sedel'nikov V. M. (2024). *Prioritety prostranstvennogo razvitiya Ural'skogo federal'nogo okruga*. Ekaterinburg: Institute of Economics Ural branch of the Russian Academy of Sciences (in Russian).
- Parfenova K. V., Faleychik L. M. (2020). Evaluation of transportation availability of the inter-district health centers in the Transbaikalian territory. *Social Aspects of Population Health*, 66 (4), 8 (in Russian). DOI 10.21045/2071-5021-2020-66-4-8.
- Sazanova G. Yu., Ponomarev A. D., Mirieva I. D., Puzakov K. K., Yuranova Yu. V., Nezhibovskaya N. R. (2022). Problems of management for health care of the population of the municipal areas of the Saratov region. *Health Care of the Russian Federation*, 66 (3), 208–212 (in Russian). DOI: 10.47470/0044-197X-2022-66-3-208-212.
- Chukavina A. V., Vyskochkov V. S., Tufilin D. S., Solomyannik I. A., Tkacheva O. N., Kobyakova O. S. (2024). Barriers to accessibility and organizational barriers to health care for older people. *Russian Journal of Geriatric Medicine*, 4 (20), 296–304 (in Russian). DOI: 10.37586/2686-8636-4-2024-296-304.
- Shartova N. V., Grishchenko M. Yu., Vatlina T. V. (2023). Territorial accessibility of medical institutions for the residents of the north of Russia. *Moscow University Bulletin. Series 5, Geography*, 78 (5), 104–114 (in Russian). DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.78.5.10.
- Anselin L. (1988). *Spatial econometrics: Methods and models*. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-94-015-7799-1.

- Anselin L. (1995). Local indicators of spatial association — LISA. *Geographical Analysis*, 27, 93–115. DOI: 10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x.
- Anselin L., Bera A. K., Florax R., Yoon M. J. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26 (1), 77–104. DOI: 10.1016/0166-0462(95)02111-6.
- Elhorst J. P. (2014). *Spatial econometrics: From cross-sectional data to spatial panels*. Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-40340-8.
- Fu L., Xu K., Liu F., Liang L., Wang Z. (2021). Regional disparity and patients mobility: Benefits and spillover effects of the spatial network structure of the health services in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (3), 1096. DOI: 10.3390/ijerph18031096.
- Gulliford M., Figueroa-Munoz J., Morgan M., Hughes D., Gibson B., Beech R., Hudson M. (2002). What does ‘access to health care’ mean? *Journal of Health Services Research & Policy*, 7 (3), 186–188. DOI: 10.1258/135581902760082517.
- Hong I., Wilson B., Gross T., Conley J., Powers T. (2023). Challenging terrains: Socio-spatial analysis of primary health care access disparities in West Virginia. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 16 (1), 141–161. DOI: 10.1007/s12061-022-09472-0.
- Joseph A. E., Phillips D. R. (1984). *Accessibility and utilization: Geographical perspectives on health care delivery*. Harper & Row.
- LeSage J., Pace R. K. (2009). *Introduction to spatial econometrics (1st ed.)*. Chapman and Hall/CRC. DOI: 10.1201/9781420064254.
- Levesque J. F., Harris M. F., Russell G. (2013). Patient-centred access to health care: Conceptualising access at the interface of health systems and populations. *International Journal for Equity in Health*, 12, 18. DOI: 10.1186/1475-9276-12-18.
- Liu T., Li J., Chen J., Yang S. (2020). Regional differences and influencing factors of allocation efficiency of rural public health resources in China. *Healthcare*, 8 (3), 270. DOI: 10.3390/healthcare8030270.
- Liu X., Lin Z., Huang J., Gao H., Shi W. (2021). Evaluating the inequality of medical service accessibility using smart card data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (5), 2711. DOI: 10.3390/ijerph18052711.
- Luo W., Wang F. (2003). Measures of spatial accessibility to healthcare in a GIS environment: Synthesis and a case study in Chicago region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 30 (6), 865–884. DOI: 10.1068/b29120.
- Penchansky R., Thomas J. W. (1981). The concept of access: Definition and relationship to consumer satisfaction. *Medical Care*, 19 (2), 127–140. DOI: 10.1097/00005650-198102000-00001.
- Shah T. I., Bell S., Wilson K. (2016). Spatial accessibility to health care services: Identifying under-serviced neighbourhoods in Canadian urban areas. *PLoS ONE*, 11 (12), e0168208. DOI: 10.1371/journal.pone.0168208.
- Song X., Wei Y., Deng W., Zhang S., Zhou P., Liu Y., Wan J. (2019). Spatio-temporal distribution, spillover effects and influences of China’s two levels of public healthcare resources. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16 (4), 582. DOI: 10.3390/ijerph16040582.
- Witrick B., Dotson T. S., Annie F., Kimble W., Kemper E., Hendricks B. (2023). Poverty and population health — The need for a paradigm shift to capture the working poor and better inform public health planning. *Social Science & Medicine*, 336, 116249. DOI: 10.1016/j.socscimed.2023.116249.

Received 04.08.2025; accepted 28.10.2025