Статья доступна на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), которая является безвозмездной, предоставляется на срок действия исключительного права и действует по всему миру. Данная лицензия предоставляет любому лицу право копировать и распространять материал на любом носителе и в любом формате и создавать производные материалы, видоизменять и преобразовывать материал при условии указания авторов, названия статьи, журнала, его года и номера (в том числе посредством указания DOI).

УДК 711.4

DOI 10.25628/UNIIP.2026.69.2.004

ЛЕПТЮХОВА О. Ю., ДАНИЛЬЯН А. А.

Интегральная оценка эффективности размещения объектов обслуживания

Лептюхова Ольга Юрьевна

кандидат технических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

e-mail: oy-2@mail.ru

Аннотация. В статье представлен методический подход к комплексной оценке эффективности пространственного размещения объектов обслуживания населения. Он основан на пространственно-дифференцированном анализе территории с использованием регулярной сетки и пяти критериев оценки: численности обслуживаемого населения, фактической сетевой доступности, вариативности выбора объекта, численности целевой демографической группы и загруженности объектов относительно проектной мощности. Разработана система балльных оценок показателей, алгоритм расчета интегрального показателя и матрица принятия решений, обеспечивающая переход от аналитических результатов к адресным градостроительным рекомендациям. Подход универсален: при параметрической адаптации он применим к объектам обслуживания различных функциональных типов. Практическая значимость определяется пригодностью инструмента для обоснования решений в сфере территориального планирования на любом уровне управления.

Ключевые слова: объекты обслуживания, пространственное размещение, геоинформационный анализ, сетевая доступность, изохроны, многокритериальная оценка, территориальное планирование, социальная инфраструктура, регулярная сетка

Данильян Альберт Ашотович

неполное высшее образование (магистратура), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

e-mail: danilian.albert@yandex.ru

Leptyukhova O. Yu., Danilyan A. A.
Integral efficiency assessment of service facilities location

Abstract. The article presents a methodological approach to the comprehensive assessment of the spatial placement efficiency of public service facilities. It is based on spatially differentiated territorial analysis using a regular grid and five evaluation criteria: the size of the served population, actual network accessibility, variability of facility choice, the size of the target demographic group, and facility load relative to design capacity. A scoring system, an integral indicator calculation algorithm, and a decision-making matrix have been developed to translate analytical results into targeted urban planning recommendations. The approach is universal and applicable to service facilities of various functional types through parametric adaptation. Its practical significance lies in its suitability for justifying decisions in territorial planning at any level of governance.

Keywords: service facilities, spatial distribution, geoinformation analysis, network accessibility, isochrones, multi-criteria evaluation, territorial planning, social infrastructure, and regular grid

Введение

Пространственная организация объектов обслуживания населения выступает одним из ключевых факторов, определяющих качество городской среды и уровень жизни горожан. Эффективность пространственного размещения таких объектов представляет собой многомерную категорию, охватывающую пространственную доступность, соответствие нормативным требованиям и соразмерность мощности учреждений реальному спросу. Интегральная оценка позволяет свести эту многомерность к единому измеримому показателю, пригодному для сравнения отдельных объектов, территорий и сценариев пространственного развития.

На протяжении последних десятилетий российские города переживают значительные трансформации, обусловленные интенсивным жилищным строительством, изменением демографической структуры населения и усложнением пространственных паттернов расселения. Эти процессы обостряют противоречие между динамично растущим спросом на услуги социальной инфраструктуры и инерционностью сложившейся сети обслуживающих учреждений, конфигурация которой нередко воспроизводит логику градостроительных решений предшествующих периодов. В подобных условиях задача объективной оценки эффективности пространственного размещения существующих объектов обслуживания приобретает особую значимость для теории и практики территориального планирования.

© Лептюхова О. Ю., Данильян А. А., 2026

Действующая практика оценки опирается преимущественно на нормативный подход, основанный на сопоставлении фактических параметров обеспеченности с установленными градостроительными нормативами[1]. Он предполагает количественное измерение уровня обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры — прежде всего через показатели вместимости, мощности и радиуса доступности — с последующим их соотнесением с нормативными значениями региональных и местных нормативов градостроительного проектирования (РНГП и МНГП). Подход обладает рядом существенных ограничений: он не учитывает реальную транспортную и пешеходную доступность объектов, внутритерриториальную неравномерность расселения, степень загруженности учреждений и пространственную дифференциацию обеспеченности. Применение аналитических методов — изохронного анализа, зонирования обслуживания, пространственной статистики — позволяет получить частные оценки по отдельным параметрам, однако не формирует целостного представления об эффективности сложившейся системы размещения [1; 5].

В этой связи целью настоящей работы является разработка методического подхода, интегрирующего множество критериев оценки в единый комплексный показатель, реализуемого средствами геоинформационного анализа и универсального по отношению к различным типам объектов обслуживания населения.

Методология работы. Обзор существующей литературы по предмету исследования

Принципы рационального размещения объектов обслуживания

Теоретические основы размещения объектов обслуживания восходят к классической теории центральных мест В. Кристаллера [7], предложившего модель иерархической организации системы обслуживания, в которой ключевыми понятиями выступают порог спроса и радиус реализации услуги. Дальнейшее развитие данных представлений в отечественной градостроительной школе — в трудах Ю. П. Бочарова, О. К. Кудрявцева, И. М. Смоляра — привело к формированию принципа ступенчатого обслуживания, реализованного в системе микрорайон — жилой район — город [4].

На основе анализа теоретических источников и нормативных документов в области градостроительства и территориального планирования выделяется система взаимосвязанных принципов рационального размещения объектов обслуживания:

- принцип пространственной доступности — объекты обслуживания должны быть размещены таким образом, чтобы обеспечить их достижение населением за приемлемое время, например, для объектов повседневного обслуживания приоритетна пешеходная доступность (10–15 мин, 500–750 м по уличной сети);
- принцип полноты охвата территории — зоны обслуживания отдельных объектов в совокупности должны покрывать всю заселенную территорию, не оставляя «белых пятен»;
- принцип равномерности размещения — пространственное распределение объектов должно быть пропорционально плотности населения;
- принцип иерархичности — объекты различных уровней обслуживания различаются по масштабу зоны охвата, мощности и периодичности использования;
- принцип соответствия спросу — размещение объектов должно корректироваться вслед за изменениями в пространственной структуре расселения;
- принцип комплексности обслуживания — объекты различного функционального назначения должны формировать взаимодополняющие комплексы.

Расхождение между нормативным идеалом, задаваемым данными принципами, и фактическим состоянием системы обслуживания порождает аналитическую задачу оценки эффективности размещения — формализации принципов в виде измеримых критериев и их интеграции в единый показатель.

Ограничения нормативного подхода

Нормативно-правовая база размещения объектов обслуживания в Российской Федерации формирует многоуровневую систему требований[2]. Нормативный подход устанавливает требования к обеспеченности местами, радиусам доступности, параметрам земельных участков и вместимости зданий.

Нормативный подход обладает несомненными достоинствами — простотой применения и прямой управленческой интерпретируемостью. Вместе с тем его ключевые ограничения определяют потребность в разработке более совершенных аналитических инструментов:

- использование геометрических радиусов вместо реальной сетевой доступности не учитывает барьерный эффект физических препятствий — железнодорожных путей, автомагистралей без переходов, водных объектов;
- нормативы устанавливаются для муниципального образования в целом и не позволяют рационально учесть внутритерриториальные диспропорции;
- статичность принятых нормативов не соответствует темпам изменений городской среды;
- нормативный подход не предоставляет механизма интеграции разнородных оценок в единое суждение об эффективности размещения.

Обзор аналитических подходов к оценке размещения

Проблема оценки эффективности пространственного размещения объектов обслуживания находится на пересечении градостроительства, экономической географии, пространственного анализа и социологии города. В настоящем разделе систематизированы семь основных подходов, выявлены их достоинства и ограничения, определены возможности интеграции. Классификация принята по ключевому аналитическому инструменту.

Подход 1. Нормативно-сравнительный подход — основан на сопоставлении фактических параметров системы обслуживания с установленными нормативами — числом мест на 1 000 жителей, радиусом доступности, площадью участка. Отклонение от норматива интерпретируется как дефицит или профицит и служит основанием для управленческих решений. Подход лежит в основе большинства документов территориального планирования в России. Его достоинства — юридическая определенность, простота интерпретации и возможность межтерриториального сравнения. Ограничения состоят в том, что агрегированные показатели скрывают внутритерриториальные диспропорции, нормативные радиусы задаются как евклидово расстояние без учета уличной сети и барьеров, а механизм интеграции разнородных оценок отсутствует [5].

Подход 2. Зональный анализ (изохронный подход) — основан на построении зон обслуживания по реальной

1 Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ. URL: https://docs.cntd.ru/document/901919338 (дата обращения: 21.05.2026).

2 СП 42.13330.2016. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89. URL: https://docs.cntd.ru/document/456054209 (дата обращения: 27.05.2026).

Таблица 1. Сравнительный анализ подходов к оценке размещения объектов обслуживания

№	Подход / Характеристика	Учет сетевой доступности	Учет мощности объектов	Учет конкуренции между объектами	Выявление локальных диспропорций	Комплексность оценки	Простота применения	Управленческая применимость
1	Нормативно-сравнительный	–	+/–	–	–	–	+	+
2	Зональный анализ (изохронный)	+	–	–	+	–	+	+
3	Гравитационные модели	+/–	+	+	+/–	–	–	+/–
4	Метод 2SFCA и модификации	+	+	+	+	–	+/–	+
5	Оптимизационные	+/–	+	+	+/–	–	–	+/–
6	Геостатистические подходы	–	–	–	+	–	+/–	+/–
7	Интегральные (многокритериальные) подходы	+/–	+	+/–	+	+	–	+

уличной сети, а не в виде геометрических окружностей. Частным случаем выступает изохронный анализ — построение изохрон, ограничивающих территорию, достижимую за заданное время. Для реализации используются сетевые модели на основе OpenStreetMap и инструменты OpenTripPlanner, Valhalla, OSRM. Подход позволяет выявить «белые пятна» — территории, фактически изолированные физическими барьерами [7; 8]. Достоинства — учет реальной транспортной сети, дифференциация по видам передвижения, наглядность визуализации. Ограничения — мощность объекта не учитывается, конкуренция между объектами игнорируется, результат зависит от выбора порогового значения [9].

Подход 3. Гравитационные модели — оценивают доступность по аналогии с законом всемирного тяготения: притяжение объекта прямо пропорционально его мощности и обратно пропорционально функции расстояния. Теоретические основы восходят к работам У. Рейли (1931) и Д. Хаффа (1963). Модели обеспечивают реалистичное представление о поведении потребителей, учитывая распределение спроса между несколькими доступными учреждениями [4]. Применительно к школам использование осложняется административным закреплением учащихся. Достоинства — одновременный учет мощности и расстояния, теоретическая строгость. Ограничения — сложность калибровки, предположение о рациональном поведении потребителей.

Подход 4. Метод двухэтапной плавающей зоны обслуживания (2SFCA) — предложенный Дж. Радке и Л. Му (2000) и развитый В. Ло и Ф. Ки (2009), объединяет достоинства зонального и гравитационного подходов [15]. На первом этапе для каждого объекта рассчитывается соотношение «мощность/число потребителей»; на втором — для каждой точки спроса суммируются показатели всех доступных объектов, формируя индекс доступности. Метод имеет многочисленные модификации: E2SFCA, G2SFCA, Multi-modal 2SFCA [10; 11]. Достоинства — одновременный учет доступности и мощности, моделирование конкуренции объектов, построение непрерывной поверхности доступности. Ограничения — чувствительность к выбору порогового расстояния и функции затухания, вычислительная сложность.

Подход 5. Оптимизационные модели — направлены не на оценку существующего размещения, а на поиск конфигурации, максимизирующей или минимизирующей целевую функцию. Классические задачи — *p-median*, *p-center*, *set covering* и *maximal covering location problem* [12]. Подход преимущественно применяется при обосновании строительства новых объектов в условиях быстрой урбанизации. Достоинства — математическая строгость и гибкость задания ограничений. Ограничения — вычислительная сложность, существенная зависимость результата от формулировки целевой функции, слабая применимость для оценки существующей сети.

Подход 6. Геостатистические методы — позволяют выявить пространственную неравномерность и кластеризацию объектов обслуживания. К основным инструментам относятся: ядерная оценка плотности (KDE), индексы пространственной автокорреляции Морана и статистика Гетиса-Орда для выявления «горячих» и «холодных» точек, анализ ближайшего соседа, диаграммы Вороного [13]. Достоинства — статистическая обоснованность выводов, наглядность, применимость на разных масштабных уровнях. Ограничения — описание закономерностей без объяснения их причин, игнорирование мощности объектов, преимущественное использование евклидова расстояния.

Подход 7. Интегральные (многокритериальные) подходы — объединяют элементы нескольких методов, представляя каждый критерий в виде пространственного слоя в ГИС с последующим оверлейным анализом [14]. Схема включает формирование системы критериев, расчет их значений по территориальным единицам, нормализацию и агрегирование в интегральный показатель. Для определения весов широко применяется метод анализа иерархий (AHP), предложенный Т. Саати (1980) [16]. Достоинства — комплексность, гибкость адаптации к конкретной задаче, единый показатель для ранжирования территорий. Ограничения — субъективность весовых коэффициентов, чувствительность к методу нормализации, высокие требования к исходным данным. Рассмотренные подходы и их основные характеристики систематизированы в сводной Таблице 1.

Из сравнительного анализа следует, что ни один из подходов в отдельности не обеспечивает одновременно учет реальной сетевой доступности, мощности объектов, конкуренции между ними, локальных диспропорций и комплексности оценки. Интегральный подход обладает наибольшим потенциалом, однако его реализация требует включения элементов остальных подходов в качестве составных компонентов. Именно данное наблюдение определяет направление разработки авторского методического подхода, представленного в следующем разделе.

Методический подход к оценке эффективности пространственного размещения объектов обслуживания

Концепция подхода и последовательность этапов

Разработанный методический подход основан на пространственно-дифференцированном анализе территории с использованием регулярной сетки, позволяющей выявить внутритерриториальные диспропорции в обеспеченности населения объектами обслуживания на уровне отдельных жилых кварталов и групп. Его ключевая идея состоит в том, что эффективность пространственного размещения объектов обслуживания не может быть полноценно раскрыта через единый обобщенный показатель, рассчитанный для муниципального образования в целом. Подобное обобщение неизбежно скрывает внутреннюю пространственную неоднородность территории, маскируя локальные диспропорции между зонами с острым дефицитом объектов и зонами с их избыточной концентрацией. В результате суммарные значения обеспеченности могут формально соответствовать нормативным ориентирам при фактически неравномерном распределении инфраструктуры в пространстве. Это обусловливает необходимость перехода к дифференцированной оценке на уровне внутримуниципальных территориальных единиц, позволяющей выявлять локальные зоны дефицита и профицита и формировать адресные управленческие решения. Территория неоднородна по плотности населения, демографической структуре, конфигурации транспортной сети и доступности объектов. Поэтому оценка выполняется для малых территориальных единиц — ячеек регулярной сетки, каждая из которых характеризуется собственным набором значений по нескольким критериям.

Особенности предлагаемого подхода в сравнении с существующими:

- использование доступности по уличной сети вместо геометрических радиусов обслуживания по воздушной прямой;
- пространственная детализация оценки на уровне ячеек;
- учет демографической специфики территории через корректирующие коэффициенты возрастной структуры жилого фонда;
- оценка вариативности выбора объектов обслуживания как дополнительного аспекта качества обслуживания;

Иллюстрация 1. Этапы методического подхода. Автор А. А. Данильян

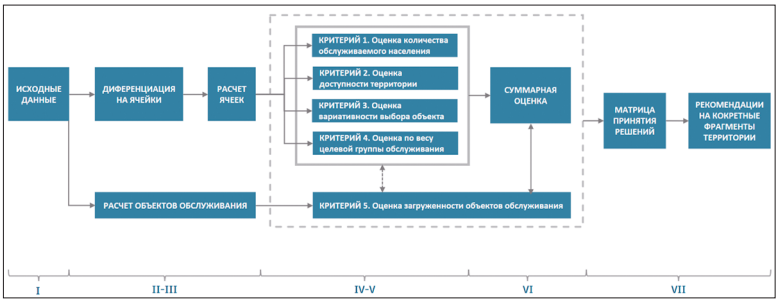

Иллюстрация 2. Логическая схема предлагаемого методического подхода. Автор А. А. Данильян

- формирование адресных рекомендаций через матрицу принятия решений;
- универсальность и масштабируемость: подход применим к объектам обслуживания любых функциональных типов и к территориям любого масштаба при соответствующей параметрической адаптации.

Методический подход включает семь последовательных этапов (Иллюстрация 1).

Подготовительный этап: пространственная дезагрегация населения

Первым шагом является определение границ исследуемой территории. Подход применим к территории муниципального образования любого уровня или его части. На исследуемую территорию накладывается регулярная квадратная сетка, размер ячейки которой определяется уровнем обслуживания анализируемых объектов. Для объектов повседневного пользования применяется размер ячейки 250 × 250 м, периодического — 500 × 500 м, эпизодического — 1 000 × 1 000 м. Данная градация обеспечивает соответствие единицы анализа пространственному масштабу изучаемых процессов. Ключевым исходным параметром является пространственное распределение населения. В отсутствие общедоступных данных о численности жителей с привязкой к конкретным адресам применяется метод пропорционального распределения (дозиметрический метод) на основе суммарной поэтажной площади жилых зданий. Для каждого жилого здания рассчитывается суммарная поэтажная площадь (СПП):

$$\text{СПП}_i = S_i \cdot N_i,$$

где СПП_i — суммарная поэтажная площадь i-го здания (м^2);

S_i — площадь подошвы i-го здания (м^2);

N_i — количество этажей i-го здания.

Расчетная численность населения в здании определяется как

$$P_i = P_{\text{общ}} \cdot \frac{\text{СПП}_i}{\sum_{k=1}^{n} \text{СПП}_k},$$

где P_i — расчетная численность населения в i-м жилом здании (чел.);

$P_{\text{общ}}$ — общая численность населения территории (городской или сельской части соответственно) (чел.);

СПП_i — суммарная поэтажная площадь i-го жилого здания (м^2);

$\sum_{k=1}^{n} \text{СПП}_k$ — суммарная поэтажная площадь всех n жилых зданий рассматриваемой территории (м^2).

Система критериев оценки

Общая схема методического подхода представлена на Иллюстрации 2.

При формировании системы критериев приняты следующие методологические требования: содержательная обоснованность (соответствие принципам рационального размещения), измеримость, пространственная

Таблица 2. Система критериев оценки эффективности пространственного размещения объектов обслуживания

Критерий	Наименование	Принцип размещения	Единица расчета	Диапазон баллов
K1	Численность населения	Соответствие спросу	Ячейка	0–5
K2	Сетевая доступность	Пространственная доступность; полнота охвата	Ячейка	1–5
K3	Вариативность выбора объекта	Равномерность размещения; комплексность	Ячейка	1–5
K4	Численность целевой демографической группы	Вес обслуживаемой группы населения	Ячейка	1–5
K5	Загруженность объектов обслуживания	Индикатор эффективности размещения	Объект	Абсолютное отклонение

Таблица 3. Шкала балльных оценок по критерию K1 (на примере ячеек 250×250 м)

Численность населения в ячейке (чел.)	Балльная оценка	Характеристика оценки
0	0	Незаселенная территория; исключается из дальнейшего анализа
1–50	1	Крайне низкая концентрация (преимущественно ИЖС)
51–100	2	Низкая концентрация (среднеэтажная застройка умеренной плотности)
101–500	3	Нормальная концентрация (типичная застройка)
501–1 000	4	Высокая концентрация (многоэтажная застройка)
Более 1 000	5	Очень высокая концентрация (современное многоэтажное строительство)

Таблица 4. Шкала балльных оценок по критерию K2

Условие	Балльная оценка	Характеристика
Покрытие зоной обслуживания ≥50%	5	Высокая доступность
Покрытие зоной обслуживания 20–50%	4	Доступность выше среднего
Покрытие зоной обслуживания <20%	3	Средняя доступность (пограничное положение)
Не покрыта зоной обслуживания, но в радиусе 500 м	2	Пониженная доступность (барьерный эффект)
За пределами зоны обслуживания и радиуса	1	Низкая доступность

дифференцируемость, универсальность (применимость к различным типам объектов), независимость критериев. Предлагается система из пяти критериев (Таблица 2).

Критерий 1 (K1): численность населения в ячейке

Первый критерий характеризует концентрацию населения на территории ячейки как базовый показатель потенциального спроса на услуги. Он выполняет двойную функцию: идентифицирует территории с наибольшей концентрацией жителей и исключает из дальнейшего анализа незаселенные территории. Суммарная численность населения ячейки:

$$P_j = \sum_{i \in j} P_i ,$$

где P_j — суммарная численность населения в j-й ячейке (чел.);
P_i — расчетная численность населения в i-м жилом здании, попадающем в ячейку j.

Балльные оценки присваиваются в соответствии с Таблицей 3. Пороговые значения обоснованы типичными характеристиками жилой застройки и могут быть скорректированы при применении подхода к ячейкам иного размера или к территориям с существенно иной структурой застройки.

Критерий 2 (K2): сетевая доступность

Второй критерий характеризует реальную пешеходную доступность объектов обслуживания для жителей расчетной ячейки. Принципиальное отличие от нормативного подхода состоит в использовании изохрон, построенных по уличной сети, а не геометрических радиусов фиксированного значения. В результате построения изохрон для каждого объекта обслуживания формируется зона пространственной доступности — совокупность точек, достижимых из заданного места за определенное расстояние или время при заданном способе передвижения, с учетом реальной конфигурации улично-дорожной сети и наличия физических барьеров. В отличие от окружности равного радиуса, такая зона отражает фактические условия перемещения в городской среде: необходимость обхода препятствий, наличие тупиковых участков и разрывов в пешеходной сети. Это обеспечивает существенно более точное и объективное представление о реальной доступности объекта для населения по сравнению с традиционными нормативными методами оценки.

Одновременно с зонами обслуживания строятся буферные зоны нормативного радиуса доступности, что позволяет выявить категорию территорий, формально находящихся в пределах нормативного радиуса, но фактически изолированных барьерами.

Степень покрытия зонами обслуживания на основе изохрон:

$$K_j^{\text{дост}} = \frac{S_j^{\text{пер}}}{S_j} \cdot 100\%,$$

где $K_j^{\text{дост}}$ — процент покрытия j-й ячейки зоной обслуживания (%);
$S_j^{\text{пер}}$ — площадь пересечения j-й ячейки с объединенной зоной обслуживания всех объектов (м²);
S_j — общая площадь j-й ячейки (м²) (Таблица 4).

Оценка «2 балла» представляет особую аналитическую ценность: она выявляет территории, которые нормативный подход относил бы к «обслуживаемым», тогда как в действительности они изолированы физическими барьерами.

Критерий 3 (K3): вариативность выбора объекта

Третий критерий характеризует количество объектов обслуживания, зоны доступности которых охватывают данную территорию. Если K2 отвечает на вопрос «есть ли доступный объект?», то K3 — «сколько объектов доступно?». Вариативность обеспечивает: возможность выбора учреждения с учетом предпочтений; снижение нагрузки на отдельные объекты; устойчивость системы при временном закрытии одного из них; конкурентную среду, стимулирующую повышение качества услуг. Число буферных зон (нормативных радиусов доступности), полноценно покрывающих ячейку:

$$V_j = \sum_{m=1}^{M} I\left(\frac{S_j^m}{S_j} \geq 0,50\right),$$

где V_j — число буферных зон, полноценно покрывающих j-ю ячейку;
$м$ — общее число объектов;

S_j^m — площадь пересечения ячейки j с буферной зоной m-го объекта обслуживания (м^2);
S_j — площадь j-й ячейки (м^2);
I — индикаторная функция, принимающая значение 1 при выполнении условия и 0 — в противном случае (Таблица 5).

К2 и К3 взаимодополняют друг друга: ячейка может иметь высокую доступность (К2 = 5), но низкую вариативность (К3 = 3), или наоборот. Совместный учет обоих критериев формирует более полную аналитическую картину.

Критерий 4 (К4): численность целевой демографической группы

Четвертый критерий характеризует расчетную численность целевой группы объекта обслуживания в ячейке. Потребителями услуг большинства объектов обслуживания являются не все население, а определенная демографическая группа: дети школьного возраста, дошкольники, пожилые граждане и т. д.

Исследования демографической структуры городского населения свидетельствуют об устойчивой зависимости возрастного состава жителей от периода строительства жилого фонда: в домах новой застройки доля детей существенно выше, чем в домах советского периода или ранней постройки [2; 3]. Для учета данной закономерности применяются корректирующие коэффициенты K_b, присваиваемые каждому зданию в соответствии с периодом его строительства.

Расчетная численность целевой группы в здании:
$D_i = P_i \cdot d \cdot K_b$,
где D_i — расчетная целевой группы в i-м здании (чел.);
P_i — общая расчетная численность населения в i-м здании (чел.);
d — средняя доля целевой группы объекта обслуживания от общей численности населения;
K_b — корректирующий коэффициент периода застройки для i-го здания.

Затем значения агрегируются в ячейки сетки аналогично расчету критерия 1:
$D_j = \sum_{i \in j} D_j$.

К4 позволяет выявить территории, на которых потребность в услугах конкретного типа существенно выше или ниже, чем можно предположить на основе общей численности населения (К1). Данный критерий обеспечивает демографическую специфичность оценки и является ключевым механизмом адаптации подхода к различным типам объектов обслуживания (Таблица 6).

Таблица 5. Шкала балльных оценок по критерию К3

Условие	Балльная оценка	Характеристика
Ни один радиус не покрывает ячейку	1	Отсутствие доступных объектов
Частичное покрытие радиусом (<50%)	2	Ограниченная доступность
Полное покрытие одним радиусом	3	Нормативный минимум
Покрытие двумя радиусами	4	Повышенное качество обслуживания
Покрытие тремя и более радиусами	5	Высокая вариативность

Таблица 6. Шкала балльных оценок по критерию К4

Численность целевой группы	Балльная оценка	Характеристика
0–50	1	Крайне низкая потребность
50–100	2	Низкая потребность
100–200	3	Средняя потребность
200–400	4	Высокая потребность
>400	5	Очень высокая потребность

Критерий 5 (К5): загруженность объектов обслуживания

Пятый критерий принципиально отличается от предыдущих: он рассчитывается не для ячеек сетки, а для самих объектов обслуживания. Критерий характеризует степень соответствия фактической наполняемости учреждения его проектной вместимости. Абсолютное отклонение фактической численности от проектной вместимости:
$\Delta P_m = P_m - F_m$,
где ΔP_m — абсолютное отклонение;
P_m — проектная емкость обслуживания;
F_m — фактическая численность обслуживания.

Коэффициент загруженности:

$$K_{\text{загр}}^m = \frac{F_m}{P_m} \cdot 100\%.$$

Интерпретация:
- $\Delta P_m > 0$ — профицит: объект имеет свободные места, возможно увеличение нагрузки;
- $\Delta P_m = 0$ — объект загружен на 100% проектной мощности;
- $\Delta P_m < 0$ — дефицит: фактическая численность обслуживаемого населения превышает проектную вместимость, объект перегружен.

Загруженность объектов выступает своеобразным результирующим индикатором: она отражает итог совместного действия критериев К1 — К4, показывая, какие объекты испытывают дефицит или избыток нагрузки вследствие сложившегося пространственного размещения.

Расчет суммарной оценки

Для каждой ячейки суммарная оценка рассчитывается как арифметическая сумма балльных оценок по четырем территориальным критериям:

$$\sum_i = B_1^j + B_2^j + B_3^j + B_4^j.$$

Теоретический диапазон суммарной оценки: от 4 (минимум для заселенных ячеек) до 20 (максимум). Незаселенные ячейки (К1 = 0) исключаются из дальнейшего анализа. Равновесное суммирование без дифференциации весов обосновывается равнозначностью аспектов оценки и обеспечивает интерпретируемость результата без необходимости обоснования субъективных весовых коэффициентов. При необходимости введения дифференцированных весов методика допускает модификацию:

$$\sum_j^{\text{взвеш}} = w_1 B_1^j + w_2 B_2^j + w_3 B_3^j + w_4 B_4^j,$$

где $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 4$ для сохранения масштаба оценки. Определение весов в этом случае может быть выполнено методом анализа иерархий [16] или экспертным методом.

Матрица принятия решений

Завершающим и наиболее практико-ориентированным элементом методического подхода является матрица принятия решений — инструмент, обеспечивающий переход от аналитических результатов к конкретным градостроительным и управленческим рекомендациям.

Матрица формируется на основе двух составляющих: типа территории, определяемого сочетанием балльных оценок по критериям К1 — К4, и категории состояния объектов (К5), зоны обслуживания которых охватывают данную ячейку. Такой подход обеспечивает дифференцированность рекомендаций: одна и та же проблема — например, высокая концентрация целевой группы при недостаточной доступности — требует принципиально различных решений в зависимости от наличия или отсутствия объектов с резервом мощности.

На основе сочетания потребности в обслуживании и доступности

Таблица 7. Типология территорий по результатам оценки

Тип	Характеристика	Определяющие критерии	Приоритетная проблема
А	Высокая потребность, плохая доступность	K4 = 4–5; K2 = 1–2	Потребность есть, объекты недоступны
Б	Высокая потребность, хорошая доступность	K4 = 4–5; K2 = 4–5	Спрос высок, мощностей может не хватать
В	Средняя потребность, плохая доступность	K4 = 3; K2 = 1–2	Умеренный спрос, объекты недоступны
Г	Средняя потребность, хорошая доступность	K4 = 3; K2 = 4–5	Умеренный спрос, доступность приемлема
Д	Низкая потребность	K4 ≤ 2; K2 = 1–5	Дефицита обслуживания нет

Таблица 8. Классификация состояния объектов, обслуживающих ячейку

Код	Категория	Условие
0	Объекты отсутствуют	Ни одна зона обслуживания не охватывает ячейку
P+	Профицит мощности	Хотя бы один доступный объект имеет ΔP > 50
P–	Дефицит мощности	Все доступные объекты имеют ΔP ≤ 50

Таблица 9. Матрица принятия решений

Территории	Объекты отсутствуют	Профицит мощности (P+)	Дефицит мощности (P–)
А: высокая потребность, плохая доступность	Строительство нового объекта; устранение барьеров (пешеходные переходы, проходы)	Устранение физических барьеров; организация подвоза; перераспределение нагрузки на объект с профицитом	Строительство нового объекта; устранение барьеров; расширение существующего объекта
Б: высокая потребность, хорошая доступность	—	Мониторинг загруженности; резервирование участка	Расширение или реконструкция существующего объекта; строительство дополнительного
В: средняя потребность, плохая доступность	Оценка целесообразности нового объекта с учетом перспективного роста населения	Устранение барьеров; организация подвоза	Устранение барьеров; мониторинг ситуации
Г: средняя потребность, хорошая доступность	—	Мониторинг; сохранение статус-кво	Плановая модернизация; мониторинг загруженности
Д: низкая потребность	Резервирование территории под перспективное размещение	Мониторинг; возможная оптимизация сети	Мониторинг

существующих объектов выделяется пять укрупненных типов территорий (Таблица 7).

Для каждой ячейки дополнительно определяется категория состояния доступных объектов по K5 (Таблица 8).

Совмещение типа территории (А — Д) и категории состояния объектов (0, P+, P–) формирует матрицу принятия решений (Таблица 9). Данная таблица служит примером подготовки матрицы и содержит общие мероприятия, подходящие всем объектам обслуживания; при применении на конкретном объекте формируются адресные рекомендации для каждого типа территории.

Матрица принятия решений обеспечивает прямой и воспроизводимый переход от пространственной аналитики к управленческим рекомендациям. Инструмент применим при подготовке и корректировке генеральных планов, разработке муниципальных программ развития социальной инфраструктуры, обосновании инвестиционных решений о строительстве и модернизации объектов, оценке достаточности инфраструктуры при рассмотрении проектов нового жилищного строительства, формировании технических заданий на проекты планировки территории.

Универсальность методического подхода и механизм адаптации к объектам обслуживания различных функциональных типов

Принципиальным достоинством предлагаемого подхода является его универсальность — применимость к объектам обслуживания различных функциональных типов при сохранении единого алгоритма расчета. Адаптация обеспечивается через изменение параметров, не затрагивающее структуру метода.

Механизм адаптации включает три уровня. Первый уровень — параметры сетки и изохрон. Размер ячейки и пороговое расстояние для изохрон задаются в соответствии с нормативными требованиями к доступности конкретного типа объектов. Для объектов повседневного обслуживания (дошкольные учреждения, магазины, аптеки) используется ячейка 250 × 250 м и радиус 300–500 м; для объектов периодического обслуживания (поликлиники, спортивные комплексы, библиотеки) — ячейка 500 × 500 м и радиус 500–1 200 м; для объектов эпизодического обслуживания (больницы, театры, торговые центры) — ячейка 1 000 × 1 000 м и изохроны транспортной доступности.

Второй уровень — определение целевой демографической группы (K4). Показатель d (доля целевой группы) задается в соответствии со спецификой объекта: для общеобразовательных учреждений — доля детей 6,5–18 лет, для дошкольных учреждений — доля детей 2–6,5 лет, для учреждений социального обслуживания — доля граждан соответствующего услуге возраста. Корректирующие коэффициенты K_b по периодам застройки остаются применимы для всех типов.

Третий уровень — шкалы балльных оценок. Пороговые значения шкал K1 и K4 могут быть адаптированы к специфике конкретного типа объекта и характеру территории. Для объектов с узкой целевой аудиторией абсолютные пороговые значения численности целевой группы будут существенно ниже, чем для массовых объектов. Неизменными при любой адаптации остаются: структура пяти критериев, алгоритм расчета суммарной оценки, логика матрицы принятия решений.

Обсуждение результатов

Предложенный методический подход обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими инструментами оценки.

Комплексность достигается за счет одновременного учета пяти содержательно различных аспектов размещения: демографической нагрузки, реальной доступности, вариативности выбора, специфики целевой группы и загруженности объектов. Ни один из описанных в литературе подходов не интегрирует все перечисленные аспекты в единую систему.

Аналитическая точность обеспечивается использованием изохрон пешеходной доступности вместо геометрических радиусов. Ключевое ограничение нормативного подхода, зафиксированное в зарубежной литературе, состоит в том, что евклидово расстояние систематически завышает реальную доступность объектов: геометрический радиус включает в зону обслуживания территории, фактически изолированные физическими барьерами — железнодорожными путями, автомагистралями без пешеходных переходов, водными объектами [6; 17]. Предложенный подход преодолевает данное ограничение двумя взаимосвязанными инструментами: формированием зон обслуживания на основе по реальной уличной сети, что автоматически исключает из зоны обслуживания территории, недостижимые вследствие барьеров, шкалой балльных оценок по критерию К2 содержит специальную градацию «2 балла», выявляющую ячейки, которые нормативный подход квалифицирует как «обслуживаемые» (попадая в буферный радиус), тогда как зона сетевой доступности их не охватывает. Это позволяет операционализировать понятие барьерной изоляции в виде измеримой и картографируемой аналитической категории.

Воспроизводимость подхода обеспечивается четко формализованным алгоритмом расчета каждого критерия и опорой на открытые пространственные данные. Это делает методический подход доступным для практического применения органами местного самоуправления.

Управленческая ориентированность реализована через матрицу принятия решений, которая переводит абстрактные показатели в конкретный перечень мероприятий, понятный для специалистов в области территориального планирования.

Вместе с тем необходимо обозначить ограничения подхода. Качество результатов существенно зависит от полноты и актуальности исходных данных — прежде всего сведений об этажности и площади жилых зданий, численности населения и проектной вместимости объектов. Метод пропорционального распределения населения по зданиям вносит погрешность, которая может быть значительной для территорий с высокой неоднородностью заселенности зданий. Кроме того, шкалы балльных оценок (прежде всего по К1 и К4) были разработаны на основе анализа типичных характеристик застройки и требуют проверки при применении подхода к территориям с принципиально иной структурой жилого фонда.

Заключение

Предложенный подход может быть использован органами местного самоуправления при подготовке документов территориального планирования, обосновании размещения новых объектов социальной инфраструктуры, мониторинге обеспеченности населения услугами и оценке градостроительных последствий нового жилищного строительства. Перспективы развития методики связаны с совершенствованием методов пространственной дезагрегации населения на основе данных дистанционного зондирования, интеграцией транспортной доступности (с учетом общественного транспорта), а также с разработкой динамической версии подхода, учитывающей прогнозные демографические изменения.

Список источников

[1] Гунько М. С., Глезер О. Б. Малые районные центры и окружающие территории в Центральной России в 1970–2010 гг.: динамика и распределение населения // Известия РАН. Серия географическая. — 2015. — № 4. — С. 64–76. — URL: https://izvestia.igras.ru/jour/article/view/290 (дата обращения: 25.05.2026).

[2] Махрова А. Г., Кириллов П. Л. «Жилищная проекция» современной российской урбанизации // Региональные исследования. — 2014. — № 4 (46). — С. 134–144. — EDN TBFESR

[3] Пузанов А. С., Попов Р. А., Полиди Т. Д., Гершович А. Я. Городские агломерации в современной России: проблемы и перспективы развития. — М.: Фонд «Институт экономики города», 2023. — 192 с.

[4] Смоляр И. М. Градостроительное планирование как система: прогнозирование, программирование, проектирование. — М.: УРСС, 2001. — 164 с.

[5] Стариков А. А. Развитие планировочных структур городов и качество жизни граждан // Фундаментальные, поисковые и прикладные исследования Российской академии архитектуры и строительных наук по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли Российской Федерации в 2018 году: сб. науч. тр. РААСН / Рос. акад. арх. и строит. наук. Т. 1. — М.: Изд-во АСВ, 2019. — С. 475–486. — DOI 10.22337/9785432303080-475-486. — EDN SYBMMT

[6] Apparicio P., Cloutier M.-S., Shearmur R. The case of Montreal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets // International Journal of Health Geographics. — 2007. — Vol. 6. — Art. 4. — URL: biomedcentral.com (дата обращения: 27.05.2026).

[7] Christaller W. Die zentralen Orte in Süddeutschland. — Jena: Gustav Fischer, 1933. — 331 p.

[8] Foth N., Manaugh K., El-Geneidy A. Towards equitable transit: examining transit accessibility and social need in Toronto, Canada, 1996–2006 // Journal of Transport Geography. — 2013. — Vol. 29. — P. 1–10. — URL: https://www.academia.edu/87290084/Toward_Equitable_Transit_Examining_Transit_Accessibilityand_Social_Need_in_Toronto_Canada_1996_2006 (дата обращения: 21.05.2026).

[9] Geurs K. T., van Wee B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions // Journal of Transport Geography. — 2004. — Vol. 12. — No. 2. — P. 127–140. — URL: https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.jtrangeo.2003.10.005 (дата обращения: 21.05.2026).

[10] Luo W., Qi Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians // Health & Place. — 2009. — Vol. 15. — No. 4. — P. 1100–1107. — URL: https://www.researchgate.net/publication/26646789_An_Enhanced_Two-Step_Floating_Catchment_Area_E2SFCA_Method_for_Measuring_Spatial_Accessibility_to_Primary_Care_Physicians (дата обращения: 21.05.2026).

[11] Luo W., Wang F. Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region // Environment and Planning B: Planning and Design. — 2003. — Vol. 30. — No. 6. — P. 865–884. — URL: https://www.researchgate.net/publication/23541407_Measures_of_Spatial_Accessibility_to_Health_Care_in_a_GIS_Environment_Synthesis_and_a_Case_Study_in_the_Chicago_Region (дата обращения: 21.05.2026).

[12] Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature // International Journal of Geographical Information Science. — 2006. — Vol. 20. — No. 7. — P. 703–726. — URL: https://www.academia.edu/2142078/GIS_based_multicriteria_

decision_analysis_a_survey_of_the_literature (дата обращения: 21.05.2026).
[13] Neutens T. Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers // Journal of Transport Geography. — 2015. — Vol. 43. — P. 14–27. — URL: https://www.researchgate.net/publication/271710981_Accessibility_equity_and_health_care_Review_and_research_directions_for_transport_geographers (дата обращения: 21.05.2026).
[14] Páez A., Scott D.M., Morency C. Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators // Journal of Transport Geography. — 2012. — Vol. 25. — P. 141–153. — URL: https://www.researchgate.net/publication/233997682_Measuring_Accessibility_Positive_and_Normative_Implementations_of_Various_Accessibility_Indicators (дата обращения: 21.05.2026).
[15] Radke J., Mu L. Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs // Geographic Information Sciences. — 2000. — Vol. 6. — No. 2. — P. 105–112. — URL: https://www.researchgate.net/publication/220351333_Spatial_Decompositions_Modeling_and_Mapping_Service_Regions_to_Predict_Access_to_Social_Programs (дата обращения: 21.05.2026).
[16] Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. — New York: McGraw-Hill, 1980. — 287 p. — URL: https://archive.org/details/analytichierarch0000saat (дата обращения: 21.05.2026).
[17] Talen E., Anselin L. Assessing Spatial Equity: An Evaluation of Measures of Accessibility to Public Playgrounds // Environment and Planning A. — 1998. — Vol. 30. — No. 4. — P. 595–613. — URL: https://www.academia.edu/74804957/Assessing_spatial_equity_an_evaluation_of_measures_of_accessibility_to_public_playgrounds (дата обращения: 21.05.2026).

References

[1] Gun'ko M.S., Glezer O.B. Malye rajonnye centry i okruzhayushchie territorii v Central'noj Rossii v 1970–2010 gg.: dinamika i raspredelenie naseleniya // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. — 2015. — № 4. — S. 64–76. — URL: https://izvestia.igras.ru/jour/article/view/290 (data obrashcheniya: 25.05.2026).
[2] Mahrova A.G., Kirillov P.L. «Zhilishchnaya proekciya» sovremennoj rossijskoj urbanizacii // Regional'nye issledovaniya. — 2014. — № 4 (46). — S. 134–144. — EDN TBFESR
[3] Puzanov A.S., Popov R.A., Polidi T.D., Gershovich A.Ya. Gorodskie aglomeracii v sovremennoj Rossii: problemy i perspektivy razvitiya. — M.: Fond «Institut ekonomiki goroda», 2023. — 192 s.
[4] Smolyar I.M. Gradostroitel'noe planirovanie kak sistema: prognozirovanie, programmirovanie, proektirovanie. — M.: URSS, 2001. — 164 s.
[5] Starikov A.A. Razvitie planirovochnyh struktur gorodov i kachestvo zhizni grazhdan // Fundamental'nye, poiskovye i prikladnye issledovaniya Rossijskoj akademii arhitektury i stroitel'nyh nauk po nauchnomu obespecheniyu razvitiya arhitektury, gradostroitel'stva i stroitel'noj otrasli Rossijskoj Federacii v 2018 godu: sb. nauch. tr. RAASN / Ros. akad. arh. i stroit. nauk. T. 1. — M.: Izd-vo ASV, 2019. — S. 475–486. — DOI 10.22337/9785432303080-475-486. — EDN SYBMMT
[6] Apparicio P., Cloutier M.-S., Shearmur R. The case of Montreal's missing food deserts: Evaluation of accessibility to food supermarkets // International Journal of Health Geographics. — 2007. — Vol. 6. — Art. 4. — URL: biomedcentral.com (data obrashcheniya: 27.05.2026).
[7] Christaller W. Die zentralen Orte in S ddeutschland. — Jena: Gustav Fischer, 1933. — 331 p.
[8] Foth N., Manaugh K., El-Geneidy A. Towards equitable transit: examining transit accessibility and social need in Toronto, Canada, 1996–2006 // Journal of Transport Geography. — 2013. — Vol. 29. — P. 1–10. — URL: https://www.academia.edu/87290084/Toward_Equitable_Transit_Examining_Transit_Accessibilityand_Social_Need_in_Toronto_Canada_1996_2006 (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[9] Geurs K.T., van Wee B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions // Journal of Transport Geography. — 2004. — Vol. 12. — No. 2. — P. 127–140. — URL: https://colab.ws/articles/10.1016%2Fj.jtrangeo.2003.10.005 (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[10] Luo W., Qi Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians // Health & Place. — 2009. — Vol. 15. — No. 4. — P. 1100–1107. — URL: https://www.researchgate.net/publication/26646789_An_Enhanced_Two-Step_Floating_Catchment_Area_E2SFCA_Method_for_Measuring_Spatial_Accessibility_to_Primary_Care_Physicians (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[11] Luo W., Wang F. Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region // Environment and Planning B: Planning and Design. — 2003. — Vol. 30. — No. 6. — P. 865–884. — URL: https://www.researchgate.net/publication/23541407_Measures_of_Spatial_Accessibility_to_Health_Care_in_a_GIS_Environment_Synthesis_and_a_Case_Study_in_the_Chicago_Region (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[12] Malczewski J. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature // International Journal of Geographical Information Science. — 2006. — Vol. 20. — No. 7. — P. 703–726. — URL: https://www.academia.edu/2142078/GIS_based_multicriteria_decision_analysis_a_survey_of_the_literature (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[13] Neutens T. Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers // Journal of Transport Geography. — 2015. — Vol. 43. — P. 14–27. — URL: https://www.researchgate.net/publication/271710981_Accessibility_equity_and_health_care_Review_and_research_directions_for_transport_geographers (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[14] Páez A., Scott D.M., Morency C. Measuring accessibility: positive and normative implementations of various accessibility indicators // Journal of Transport Geography. — 2012. — Vol. 25. — P. 141–153. — URL: https://www.researchgate.net/publication/233997682_Measuring_Accessibility_Positive_and_Normative_Implementations_of_Various_Accessibility_Indicators (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[15] Radke J., Mu L. Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs // Geographic Information Sciences. —

2000. — Vol. 6. — No. 2. — P. 105–112. — URL: https://www.researchgate.net/publication/220351333_Spatial_Decompositions_Modeling_and_Mapping_Service_Regions_to_Predict_Access_to_Social_Programs (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[16] Saaty T.L. The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. — New York: McGraw-Hill, 1980. — 287 p. — URL: https://archive.org/details/analytichierarch0000saat (data obrashcheniya: 21.05.2026).
[17] Talen E., Anselin L. Assessing Spatial Equity: An Evaluation of Measures of Accessibility to Public Playgrounds // Environment and Planning A. — 1998. — Vol. 30. — No. 4. — P. 595–613. — URL: https://www.academia.edu/74804957/Assessing_spatial_equity_an_evaluation_of_measures_of_accessibility_to_public_playgrounds (data obrashcheniya: 21.05.2026).

Статья поступила в редакцию 06.05.2026.
Опубликована 30.06.2026.

Лептюхова Ольга Юрьевна
кандидат технических наук, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация
e-mail: oy-2@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-7822-4328

Leptyukhova Olga Yu.
PhD, Associate Professor, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation
e-mail: oy-2@mail.ru
ORCID ID: 0000-0001-7822-4328

Данильян Альберт Ашотович
неполное высшее образование (магистратура), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация
e-mail: danilian.albert@yandex.ru

Danilyan Albert A.
Incomplete higher education (Master's degree), National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation
e-mail: danilian.albert@yandex.ru