

Характеристики жизненной активности рекреационных пространств и механизмы её формирования в горных городах с высокой плотностью застройки: на примере района Ваньчжоу, Чунцин

ЧЖАН Чжунху, ЯН Цзюньян, ШИ И, ЧЖАН Бяо

Аннотация: Горные города с высокой плотностью застройки, характеризующиеся компактной планировкой пространства, представляют собой типичный тип городов в Китае. Являясь центрами городской общественной жизни, рекреационные пространства в этих городах требуют эффективного планирования и управления в соответствии с паттернами деятельности и предпочтениями городских жителей. Несмотря на многочисленные исследования жизненной активности рекреационных пространств в равнинных городах и их планирования и оптимизации, уникальные и сложные характеристики рельефа и ограниченные территории для застройки в горных городах формируют паттерны жизненной активности, отличающиеся от равнинных городов. Даже рассеянные пространства, такие как углы улиц, могут поддерживать значительную рекреационную деятельность, что обусловлено такими факторами, как недостаточность и неравномерное распределение рекреационных пространств, а также сокращение охвата услугами. Данные характеристики подчёркивают необходимость дальнейших исследований, адаптированных к условиям высокогорных городов с высокой плотностью застройки. На примере района Ваньчжоу города Чунцин в данной работе установлено, что типичное расстояние доступа к рекреационным пространствам в горных городах, как правило, составляет не более 1,5 км. Путём сравнения четырёх типичных рекреационных пространств в высокоплотных горных городах — парковых зелёных зон, площадей, улиц и общественных зелёных зон — установлено, что улицы и общественные зелёные зоны вмещают значительную долю рекреационной деятельности. Наконец, путём анализа факторов окружающей застройки, формирующих жизненную активность рекреационных пространств в высокоплотных горных городах, и применения модели географически взвешенной регрессии объяснены различия в механизмах влияния на жизненную активность четырёх типов рекреационных пространств.

Ключевые слова: Жизненная активность рекреационных пространств; идентификация рекреационной деятельности; горные города; модель географически взвешенной регрессии

1. Теоретические основы исследования жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах

1.1 Понятие и характеристика жизненной активности рекреационных пространств

Жизненная активность представляет собой комплексное проявление экономической, социальной и культурной деятельности в пространстве[17-18]. В узком смысле она может пониматься как межличностное взаимодействие и обмен, деятельность городской жизни, а богатство и разнообразие городской жизни и её пространственных носителей являются необходимыми условиями поддержания местной традиционной

жизненной активности[19]. Джейкобс[20] полагала, что городская жизненная активность достигается через переплетение людей и мест их жизнедеятельности; человеческая деятельность рассматривается как фундаментальный элемент жизненной активности, и понимание жизненной активности рекреационных пространств на основе человеческой деятельности позволяет эффективно её уловить.

Жизненная активность рекреационных пространств означает интенсивность рекреационной деятельности — социального взаимодействия, отдыха и созерцания, осуществляемой в пределах рекреационного пространства. Гелл[21] считал её ядром избирательную социальную деятельность, а не необходимую деятельность по通勤.

Методы измерения жизненной активности переходят от мелкомасштабных анкетных опросов и полевых исследований[22-23] к новым технологиям обработки данных с использованием крупномасштабных пространственно-временных больших данных[24-25] и данных освещённости[26][27]. Новые технологии работы с данными обладают преимуществами низкой стоимости, эффективности в реальном времени и более высокой детализации, что позволяет более точно характеризовать жизненную активность рекреационных пространств[29]. Показатели измерения жизненной активности включают множество форм: частоту посещений, продолжительность и степень смешения[30], при этом её ядром по-прежнему остаётся степень концентрации людей[31]. Для рекреационных пространств в данном исследовании использована плотность рекреационной деятельности на единицу площади.

1.2 Характеристики жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах

Жизненная активность рекреационных пространств в высокоплотных горных городах является результатом взаимодействия предложения физического пространства и спроса на рекреационную деятельность.

С точки зрения предложения физического пространства, горные города характеризуются сложными изменениями рельефа и высокой плотной, концентрированной застройкой[32] с ограниченным пространством для развития; рекреационные пространства сталкиваются с проблемами недостаточного масштаба и неравномерного распределения[33]; одновременно из-за крутых уклонов и перепадов рельефа доступность рекреационных пространств снижается, а масштаб охвата услугами сокращается[34].

С точки зрения спроса на рекреационную деятельность, отдых стал нормализованной деятельностью в повседневной жизни городских жителей: с одной стороны, более высокая интенсивность развития в горных городах означает более высокую плотность населения, генерируя большой спрос на рекреационную деятельность на единицу площади; с другой стороны, значительные уклоны рельефа существенно ограничивают мобильность населения горных городов, что приводит к невозможности 有限的 распределения парковых зелёных зон и других пространств удовлетворить большие объёмы спроса на рекреационную деятельность, и небольшие рассеянные пространства, такие как углы улиц и обочины, несут большие объёмы спроса на рекреационную деятельность, став важными инструментами расширения рекреационных пространств на открытом воздухе в районах с высокой плотностью застройки[35].

Таким образом, масштаб охвата услугами жизненной активности рекреационных

пространств в высокоплотных горных городах сокращается, что требует учёта специфических для горных городов факторов, таких как уклоны рельефа; необходимо дальнейшее обсуждение масштаба охвата услугами жизненной активности рекреационных пространств. Типы и границы материальных пространств, несущих рекреационную жизненную активность, более обширны, что требует внимания к более широкому спектру типов рекреационных пространств, таких как рассеянные пространства, — например, существуют ли различия в жизненной активности между различными типами рекреационных пространств, особенно роль, которую играют рассеянные пространства в жизненной активности рекреационных пространств.

2. Выбор объекта исследования и методы данных

2.1 Выбор объекта исследования

Городская территория района Ваньчжоу городского округа Чунцин расположена в холмистой зоне между параллельными грядками и долинами в восточном Сычуани, через город протекает река Янцзы, что делает её одним из центральных городов зоны водохранилища Трёх ущелий. На фоне строительства водохранилища Трёх ущелий и быстрой урбанизации масштаб доступных территорий для застройки в городском районе 进一步 сократился, в то время как значительное население быстро сконцентрировалось в городском районе Ваньчжоу, а городское строительство развивалось в направлении высокоплотных и высокоинтенсивных форм, представляя типичный высокоплотный горный город.

Поскольку земли для застройки в горных городах по своей природе ограничены, проблема недостаточного масштаба и количества рекреационных пространств ещё более выражена. Согласно данным национального обследования изменения земель 2020 года, обеспеченность зелёными насаждениями на душу населения в городском районе Ваньчжоу значительно ниже нормы в $10 \text{ м}^2/\text{чел.}$, и большое количество пространств вдоль улиц и углов стали основными местами рекреационной деятельности. Поэтому исследование жизненной активности рекреационных пространств в городском районе Ваньчжоу позволяет понять специфику характеристик и механизмов влияния на жизненную активность рекреационных пространств в горных городах, и данное исследование выбирает его в качестве объекта изучения жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах, охватывая территорию застройки городского района Ваньчжоу и окружающие горы и воды площадью около 235 км^2 .

2.2 Сбор данных

В данном исследовании использованы данные LBS для расчёта и характеристики жизненной активности рекреационных пространств. Данные LBS имеют высокое пространственно-временное разрешение и позволяют характеризовать пространственно-временные поведенческие особенности микроскопических индивидов. После очистки и организации данных получено более 1,13 млн точек данных LBS за 7 дней в районе Ваньчжоу. Источники и время сбора других данных, таких как текущее землепользование, представлены в таблице 1.

Таблица 1: Источники данных

Тип данных	Источник	Время сбора
------------	----------	-------------

Данные LBS	Поставщик мобильных информационных уведомлений	1–7 апреля 2019 г.
Данные текущего землепользования	Бюро планирования и природных ресурсов Ваньчжоу	2019 г.
Данные о контурах зданий	Бюро планирования и природных ресурсов Ваньчжоу	2019 г.
Данные ЦМР рельефа	Данные ЦМР NASA-SRTM	2019 г.
Данные POI (точки интереса)	Платформа открытых данных Амар	Июнь 2019 г.
Данные дистанционного зондирования	Бюро планирования и природных ресурсов Ваньчжоу	2019 г.

2.3 Методы идентификации рекреационных пространств и рекреационной деятельности

2.3.1 Идентификация рекреационных пространств

Методы определения типов и границ рекреационных пространств разнообразны. Исследования рекреационных пространств включают главным образом парковые зелёные зоны, площади, улицы, карманные парки, общественные зелёные зоны и коммерческие зоны. Данное исследование ограничено открытыми городскими рекреационными пространствами. Полевые исследования показали, что повседневная рекреационная деятельность населения в высокоплотных горных городах происходит главным образом в парковых зелёных зонах, на площадях, в общественных зелёных зонах, а также вдоль улиц и на углах, поэтому парковые зелёные зоны, площади, общественные зелёные зоны и улицы были выбраны в качестве четырёх типичных типов рекреационных пространств для исследования.

Сложность идентификации рекреационных пространств заключается в идентификации рассеянных пространств, таких как углы улиц и общественные зелёные зоны. Границы категорий землепользования «парковая зелёная зона» и «площадь» чётко определены в «Стандарте классификации городского землепользования и планирования застраиваемых земель» (GB 50137-2011) и могут быть непосредственно извлечены на основе данных текущего землепользования. Из-за их разнообразных форм, размытых границ и большого количества исследование жизненной активности каждого угла улицы и каждой общественной зелёной зоны затруднило бы получение эффективных выводов из-за слишком малого масштаба площади.

Для углов улиц в данном исследовании перекрёстки использованы в качестве точек деления для их сегментации, интегрируя в различные сегменты улиц для исследования. Для общественных зелёных зон использованы методы глубокого обучения для их идентификации из данных дистанционного зондирования высокой точности[36]. Сначала на территории городского района Ваньчжоу выбраны области выборки для аннотирования данных, построена база данных образцов зелёных насаждений для обеспечения покрытия обучающими фрагментами различных типов зелёных насаждений — газонов, кустарников и лесных насаждений. Затем модель DeepLabv3[37] использована для обучения с 11 итерациями, в ходе которых база данных образцов

разделена на обучающую и валидационную выборки, при этом точность результатов на валидационной выборке составила 93%, эффективно идентифицируя границы зелёных насаждений в горных городах. Полученные результаты идентификации зелёных насаждений затем наложены на данные о жилых землях текущего землепользования для извлечения результатов общественных зелёных зон.

2.3.2 Идентификация рекреационной деятельности

Точки рекреационной деятельности могут быть идентифицированы путём слияния данных POI[38-39] или данных AOI[40] с данными LBS через их пространственно-временные характеристики. Сначала в ArcGISPro использована функция «найти места пребывания» для идентификации всех точек пребывания в радиусе 100 м продолжительностью более 5 минут, при этом деятельности, длящиеся более 5 минут в пределах 100 м, определены как эффективные рекреационные деятельности, поэтому пороговые значения времени и пространства установлены в 5 минут и 100 м соответственно.

Однако из-за функциональной 复合ности рекреационных пространств одна лишь идентификация точек пребывания может содержать большое количество точек нерекреационной деятельности. Например, из-за близости коммерческих зон по обе стороны улиц точки трудовой деятельности могут быть идентифицированы как рекреационные. Аналогично, поскольку общественные зелёные зоны расположены вблизи жилых районов, точки жилой деятельности могут быть идентифицированы как рекреационные.

Поэтому путём метода идентификации «работа—жильё»[41-42] идентифицированы точки жилой и трудовой деятельности, а точки рекреационной деятельности в пределах 50 м от каждого типа точек деятельности каждого id удалены в качестве окончательных результатов рекреационной деятельности.

2.4 Построение модели

2.4.1 Отбор и расчёт показателей окружающей застройки

Многочисленные исследования указывают на значительные корреляции между городской популяционной активностью и такими элементами, как пространственная доступность[43], функциональные сочетания и формы застройки. Для жизненной активности рекреационных пространств качество их внутреннего пространства[44], элементы 设施 [45] и особенности растительного ландшафта[46] также являются важными факторами влияния.

Поэтому с учётом 背景 высокоплотных горных городов и особенностей рекреационных пространств и их окружающей среды в данном исследовании отобраны показатели влияния на жизненную активность рекреационных пространств.

Влияние собственных характеристик рекреационного пространства на жизненную активность отражается главным образом в трёх аспектах: во-первых, существующие исследования показывают, что масштаб площади рекреационного пространства оказывает подавляющее воздействие на жизненную активность пространства[47]; во-вторых, открытость поверхности рекреационного пространства может отражать условия вентиляции и солнечного освещения[48]; в горных городах высокая плотность застройки, а условия вентиляции и солнечного освещения относительно плохие[49], поэтому делается вывод, что открытость поверхности имеет связь с его жизненной

активностью; наконец, уклон рельефа и проективное покрытие растительностью могут влиять на рекреационный опыт населения, тем самым влияя на жизненную активность рекреационного пространства.

Влияние характеристик окружающей среды рекреационного пространства на жизненную активность пространства отражается главным образом в четырёх аспектах: доступность, функции, распределение населения и пропускная способность застройки. Высокая доступность отражает степень сложности достижения рекреационных пространств жителями[50]; различные коммерческие функциональные объекты оказывают стимулирующее воздействие на жизненную активность рекреационных пространств. Посредством предварительного регрессионного анализа отобраны две высококоррелированные с жизненной активностью рекреационных пространств функции — торговые услуги и услуги общественного питания — для характеристики. Одновременно функциональное разнообразие отражает полноту функционального оборудования окружающей среды, поэтому функциональное разнообразие отобрано в качестве дополнения.

Характеристики окружающего населения включают постоянное и работающее население. Эти два типа распределения населения служат наиболее базовыми точками активности в городах[51], и их распределение тесно связано с жизненной активностью рекреационных пространств. Пропускная способность окружающей застройки указывает на несущую способность активности данной территории, что также является одним из элементов, влияющих на жизненную активность рекреационных пространств. Методы расчёта показателей представлены в таблице 2.

Таблица 2: Методы расчёта и формулы показателей влияния

Показатель	Метод расчёта	Стандарт значения
Собственные характеристики		
Масштаб площади	Расчёт площади каждого рекреационного пространства с помощью функции «вычислить геометрию» в ArcGISPro, единица: га	0,01–46,5 га
Открытость поверхности	Коэффициент видимости неба (SVF), рассчитанный по поверхностному растру (с учётом высоты зданий)	0–1, большее значение указывает на более открытое место
Уклон рельефа	Расчёт с помощью функции «уклон» в ArcGISPro	0–90°, большее значение указывает на более крутое место
Проективное покрытие растительностью	Отношение площади зелёных насаждений к общей площади	0–1
Характеристики окружающей среды		
Уклон окружающего рельефа	Средний уклон в буферной зоне	0–90°
Доступность дорожной сети	Расчёт методом кригинга в ArcGISPro	479–3063

Плотность автобусных остановок	Количество автобусных остановок в буферной зоне, делённое на площадь буферной зоны	0–6
Плотность торговых услуг	Количество торговых услуг в буферной зоне, делённое на площадь буферной зоны	0–52
Плотность услуг общественного питания	Количество услуг общественного питания в буферной зоне, делённое на площадь буферной зоны	0–24
Функциональное разнообразие	Индекс энтропии Шеннона	0–2,2
Плотность постоянного населения	Количество постоянного населения в буферной зоне, делённое на площадь буферной зоны	0–284
Плотность работающего населения	Количество работающего населения в буферной зоне, делённое на площадь буферной зоны	0–233
Плотность застройки	Сумма площади контуров зданий в буферной зоне, делённая на площадь буферной зоны	0–0,46
Интенсивность застройки	Сумма площади этажей зданий в буферной зоне, делённая на площадь буферной зоны	0–5,9

2.4.2 Модель географически взвешенной регрессии

Модель географически взвешенной регрессии (GWR) динамически подстраивает параметры модели, чтобы точнее охватывать разные местные различия между регионами, адаптируясь к пространственным изменениям. В отличие от обычного глобального регрессионного анализа, GWR не только решает проблемы пространственной регрессии, но и позволяет коэффициентам меняться в зависимости от географического положения, давая возможность детальнее понять, как элементы окружающей застройки влияют на активность людей в рекреационных зонах.

В данном исследовании в качестве зависимой переменной выбрана жизненная активность рекреационных пространств, и построено 5 моделей GWR для отражения пространственных характеристик дифференциации влияния различных типов рекреационных пространств. Формула модели:

$$Y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^n \beta_k(u_i, v_i) X_{ik} + \varepsilon_i$$

где: зависимая переменная Y_i представляет жизненную активность рекреационного пространства; (u_i, v_i) — координаты долготы и широты соответственно; $\beta_0(u_i, v_i)$ — интерцепт географического положения, представляющий ожидаемое значение жизненной активности рекреационного пространства; $\beta_k(u_i, v_i)$ — коэффициенты регрессионного анализа; X_{ik} — значение k -й независимой переменной для

рекреационного пространства i ; ε_i — член ошибки.

3. Характеристики жизненной активности рекреационных пространств

3.1 Характеристики распределения жизненной активности рекреационных пространств

Жизненная активность рекреационных пространств и их пространственное распределение в целом формируют рассогласованный паттерн: точки активности сосредоточены главным образом в регионах с меньшим масштабом единичной площади и более рассеянными рекреационными пространствами, в то время как парковые зелёные зоны и другие рекреационные пространства с бóльшим масштабом единичной площади имеют более низкую жизненную активность.

Сформировались три основные области концентрации рекреационной деятельности: Гаосуньтан—Тайбай, Бэйшань и Байаньба. За период выборки сгенерировано всего 71 525 рекреационных деятельности с плотностью жизненной активности 105,8 посещений/га (таблица 3), что объясняется наиболее равномерным и 广泛 ным пространственным распределением улиц, а также важной ролью их придорожных пространств и углов в рекреационной деятельности в горных городах.

Плотность жизненной активности на площадях заняла второе место, но их количество и распределение были наименьшими, что указывает на тенденцию жителей горных городов заниматься рекреацией именно на площадях. Полевые исследования подтвердили, что на площадях проводятся многочисленные коллективные развлекательные мероприятия в крупном масштабе, такие как фитнес. Плотность жизненной активности на парковых зелёных зонах оказалась наименьшей: меньшее количество, более крупный масштаб каждой площади и расположение в горных районах вокруг городской территории определяют относительно низкую доступность по сравнению с другими типами рекреационных пространств.

Таблица 3: Обзор деятельности в различных типах рекреационных пространств

Тип рекреационного пространства	Частота рекреационной деятельности (посещений)	Общая площадь рекреационных пространств (га)	Плотность жизненной активности (посещений/га)
Парковая зелёная зона	3 108	323,8	9,6
Площадь	3 098	46,5	66,6
Улица	71 525	683,8	105,8
Общественная зелёная зона	17 271	308,6	56,0

Частота рекреационной активности в общественных зелёных зонах была довольно высокой, что говорит о том, что такие зоны тоже являются основными местами для отдыха жителей горных городов. Различия в уровне активности между разными типами рекреационных пространств были заметными: улицы показывали самую высокую частоту рекреационной деятельности и плотность активности, за ними шли общественные зелёные зоны, потом площади, а парки имели самые низкие показатели.

3.2 Характеристики расстояния перемещения к рекреационным пространствам

На основе данных LBS идентифицированы линии «отправление—назначение»



перемещений с рекреационными пространствами в качестве пункта назначения в городском районе района Ваньчжоу, с минимальным расстоянием 10 м, максимальным около 12 км и средним расстоянием 1,2 км. На рисунке 1 показано пропорциональное распределение расстояний перемещений для различных типов рекреационных пространств.

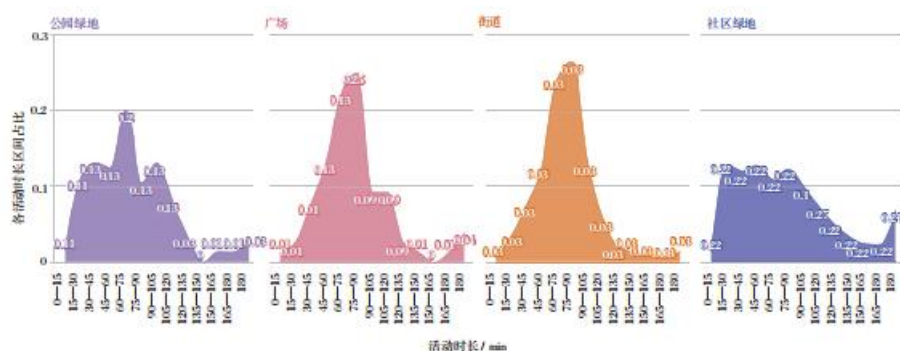
Рис.1 Доля проездных расстояний для различных типов мест отдыха

Для Ваньчжоу 70% перемещений к рекреационным пространствам не превышают 1,5 км. Когда расстояние перемещения к рекреационным пространствам превышает 2 км, объём перемещений резко снижается. Поэтому можно считать, что рекреационные пространства Ваньчжоу в основном предоставляют услуги в пределах зоны охвата 1,5 км.

Различия в распределении расстояний перемещений для различных типов рекреационных пространств указывают на их различные масштабы охвата услугами. В пределах основного масштаба охвата в 1,5 км распределение расстояний рекреационной деятельности для парковых зелёных зон является относительно равномерным, что указывает на способность одновременно привлекать население из различных окружающих районов. Диапазоны привлечения рекреационной деятельности для площадей и улиц составляют главным образом 1,0–1,25 км и 1,0–1,25 км соответственно, с относительно меньшим количеством краткосрочной и долгосрочной рекреационной деятельности. Рекреационная деятельность в общественных зелёных зонах является преимущественно локальной, демонстрируя значительную тенденцию к снижению объёма рекреационной деятельности с увеличением расстояния.

3.3 Характеристики продолжительности деятельности в рекреационных пространствах

Продолжительность пребывания в рекреационных пространствах может отражать потребности городского населения в рекреационной деятельности и их удовлетворённость рекреационными пространствами[53]. Средняя продолжительность пребывания жителей района Ваньчжоу в рекреационных пространствах составляет 82 минуты, медиана продолжительности рекреационной активности — 75 минут, что указывает на значительные потребности городского населения района Ваньчжоу в рекреационной деятельности, при этом большинство сеансов рекреационной



активности занимает 15–105 минут (рисунок 2).

Рис.2 Доля продолжительности деятельности для различных типов зон отдыха

Среди различных типов рекреационных пространств распределение продолжительности рекреационной деятельности в общественных зелёных зонах и парковых зелёных зонах является более равномерным. Эти два типа пространств могут

одновременно привлекать краткосрочную и долгосрочную рекреационную деятельность. Полевые исследования показали, что парковые зелёные зоны и общественные зелёные зоны включают больше типов краткосрочной рекреационной деятельности, такой как отдых и прогулки, а также множество долгосрочных деятельности, таких как фитнес. Продолжительность рекреационной деятельности на площадях и улицах имеет выраженные характеристики пиковой продолжительности, составляющей главным образом 60–90 минут, при этом на указанных пространствах преобладает целенаправленная рекреационная деятельность, такая как настольные игры и.

4. Механизмы влияния на жизненную активность рекреационных пространств

4.1 Сравнение результатов моделей для различных типов рекреационных пространств

Исходя из характеристики того, что рекреационные пространства Ваньчжоу в основном предоставляют услуги в пределах охвата 1500 м, настоящее исследование далее разделило буферные диапазоны рекреационных пространств на 100 м, 250 м, 500 м, 1000 м и 1500 м и извлекло элементы, влияющие на окружающую застройку, для построения моделей GWR.

Результаты показали, что по мере увеличения буферного расстояния скорректированный R^2 модели GWR последовательно составлял 0,59, 0,52, 0,49, и когда буферное расстояние было больше или равно 1000 м, результаты модели показали проблемы мультиколлинеарности, то есть дифференциация различных элементов влияния в данной буферной зоне уменьшилась. Это указывает на то, что по мере увеличения расстояния результат влияния окружающей среды на жизненную активность рекреационных пространств в горных городах снижается. Поэтому в данном исследовании для дальнейшего анализа выбрано буферное расстояние 100 м.

В данном исследовании построено 5 моделей GWR для анализа, включая 1 комплексную модель рекреационных пространств и 4 специализированные модели для парковых зелёных зон, площадей, улиц и общественных зелёных зон. Результаты представлены в таблице 4. Из-за мультиколлинеарности между показателями плотности работающего населения в округе и интенсивности развития в округе и другими показателями они были удалены в окончательной модели. Все оставшиеся переменные прошли тестирование значимости.

При сравнении 5 моделей GWR комплексная модель имела относительно меньшую объяснительную силу, что указывает на то, что элементы окружающей застройки имеют различные механизмы влияния на различные типы рекреационных пространств. В комплексной модели элементы, такие как плотность услуг общественного питания в округе, плотность постоянного населения в округе и плотность автобусных остановок в округе, имели более высокие степени влияния, а также уникальные показатели, такие как открытость поверхности и уклон рельефа, имели относительно значительные эффекты влияния с различными эффектами для различных моделей.

Таблица 4: Результаты модели географически взвешенной регрессии

Показатель	Комплексная модель	Модель парковой зелёной зоны	Модель площади	Модель улицы	Модель общественной зелёной зоны

Собственные характеристики					
Масштаб площади	-0,04	-0,01	0,12	0,03	-0,01
Открытость поверхности	-0,05	-0,20	-0,22	-0,01	-0,35
Уклон рельефа	-0,03	0,01	0,08	-0,03	-0,07
Проективное покрытие растительностью	-0,01	-0,22	-0,04	0,03	-0,13
Характеристики окружающей среды					
Уклон окружающего рельефа	-0,02	-0,04	0,01	-0,04	-0,01
Доступность дорожной сети	0,02	-0,12	0,02	-0,01	0,02
Плотность автобусных остановок	0,14	-0,07	0,21	0,18	0,03
Плотность торговых услуг	0,17	-0,14	0,30	0,17	0,02
Плотность услуг общественного питания	0,35	0,11	0,31	0,35	0,12
Функциональное разнообразие	0,02	0,01	0,00	0,03	-0,06
Плотность постоянного населения	0,20	0,53	-0,06	0,26	0,55
Плотность работающего населения	Удалён	Удалён	Удалён	Удалён	Удалён
Плотность застройки	0,02	0,12	0,10	0,04	-0,16
Интенсивность застройки	Удалена	Удалена	Удалена	Удалена	Удалена
Статистика модели					
R ²	0,61	0,71	0,69	0,70	0,64
Скорректированный R ²	0,59	0,64	0,59	0,68	0,60
AICc	3693,85	307,82	183,67	2344,68	572,79
Sigma ² MLE	0,39	0,29	0,31	0,30	0,36

4.2 Различия в механизмах влияния на жизненную активность рекреационных пространств по типам

Коэффициенты различных переменных в таблице 4 указывают на степень их влияния на изменения жизненной активности рекреационных пространств. Собственные характеристики в целом оказывают подавляющее воздействие на жизненную

активность пространства, то есть чем выше масштаб площади, открытость поверхности, уклон рельефа и проективное покрытие растительностью, тем ниже жизненная активность соответствующего пространства. Масштаб площади оказывает стимулирующее воздействие на жизненную активность площадей, что указывает на то, что увеличение площади благоприятствует усилению жизненной активности рекреационных пространств. Полевые исследования показали, что в утренние и вечерние часы население склонно проводить групповые мероприятия на площадях большой площади, поэтому необходимо предусматривать площади определённого масштаба в горных городах.

Что касается открытости поверхности, то в регионах с высокой плотностью застройки, таких как Гаосуньтан и Бэйшань, ощущается недостаток крупных пространств для рекреационной деятельности, что объясняет вышеуказанные результаты. В регионах с более низкой плотностью застройки открытость поверхности положительно коррелирует с жизненной активностью рекреационных пространств, тогда как в большинстве районов горных городов с компактным землепользованием рекреационные пространства расположены в условиях высокой плотности с более низкой открытостью, поэтому открытость поверхности в основном отрицательно коррелирует с жизненной активностью рекреационных пространств.

Проективное покрытие растительностью оказывает значительное подавляющее воздействие на жизненную активность парковых зелёных зон и общественных зелёных зон; причины аналогичны открытости поверхности — не то что проективное покрытие растительностью снижает жизненную активность рекреационных пространств, а то, что в высокоплотных горных городах трудно размещать пространства с высоким проективным покрытием растительностью для рекреационного использования, тогда как прилегающие районы содержат большое количество горных парков с высоким проективным покрытием растительностью, но из-за недостаточной плотности окружающего постоянного населения возникают вышеуказанные результаты. Проективное покрытие растительностью оказывает более слабое влияние на жизненную активность площадей и улиц.

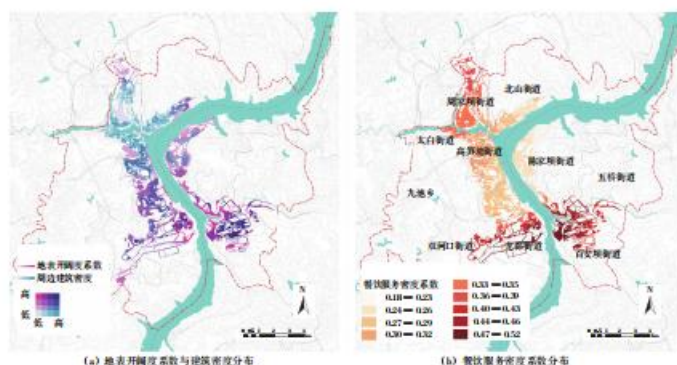
Уклон рельефа оказывает более слабое влияние на все четыре типа рекреационных пространств, в целом проявляя сдерживающее взаимодействие.

Чем лучше условия окружающей доступности, тем выше соответствующее увеличение жизненной активности рекреационных пространств. Уклон окружающей рельефа mainly exerts подавляющее воздействие на жизненную активность рекреационных пространств, то есть увеличение уклона окружающей рельефа снижает определённую жизненную активность рекреационных пространств. Доступность окружающей дорожной сети имеет высокое стимулирующее воздействие на жизненную активность парковых зелёных зон, при этом более слабое влияние плотности автобусных остановок, что указывает на то, что население вокруг парковых зелёных зон склонно достигать рекреационной деятельности пешком, требуя улучшения доступности окружающей дорожной сети парковых зелёных зон. Плотность окружающих автобусных остановок оказывает более значительное влияние на жизнедеятельность пространств моделей площади и улицы, что указывает на то, что большее количество населения достигает этих типов рекреационных пространств с помощью общественного транспорта, что может сочетаться с размещением площадей вокруг

автобусных остановок и исследованием потенциала использования уличных рекреационных пространств.

Характеристики окружающей доступности оказывают относительно низкое влияние на жизненную активность общественных зелёных зон, что указывает на то, что жизненная активность общественных зелёных зон происходит в основном от сообществ населения, и степень влияния плотности окружающего жилого населения также подтверждает соответствующую точку зрения.

Окружающие функциональные характеристики mainly exert стимулирующие effects on рекреационные пространства. Окружающая плотность услуг общественного питания



положительно коррелирует с жизненной активностью рекреационных пространств, особенно в моделях площади и улицы, где два вышеуказанных типа имеют меньший масштаб площади и более открытую окружающую среду, поэтому окружающие функциональные объекты могут эффективно повышать жизненную активность пространств площади и улицы. Этот положительный эффект имеет пространственные различия «центр—периферия», то есть в регионах с высокой концентрацией индустрии услуг общественного питания, таких как Гаосуньтан и Цзяннань-Новый район, стимулирующий эффект форм индустрии услуг общественного питания снижается, тогда как в таких районах, как Шуанхэкоу и Байяньба, концентрация индустрии услуг общественного питания оказывает большой стимулирующий эффект на жизненную активность рекреационных пространств [Рисунок 3(b)]. Подавляющий эффект плотности окружающих торговых услуг на парковые зелёные зоны mainly appears in высокоплотных районах, таких как Гаосуньтан и Бэйшань, что указывает на то, что плотность окружающих торговых услуг в этих районах уже слишком высока, и её увеличение больше не оказывает стимулирующего эффекта на жизненную активность парковых зелёных зон. Кроме того, окружающее функциональное разнообразие оказывает более слабое воздействие на все четыре типа рекреационных пространств.

Рис.3 Распределение коэффициентов ключевых влияющих факторов в комплексной модели

Окружающая плотность постоянного населения имеет весьма значительные стимулирующие воздействия на жизненную активность парковых зелёных зон, улиц и общественных зелёных зон, и в районах с плотным постоянным населением коэффициенты плотности окружающего постоянного населения выше, с сильным спросом на рекреационную деятельность, поэтому в этих районах можно увеличить соответствующие рекреационные пространства. Окружающая плотность постоянного населения оказывает меньшее влияние на жизненную активность пространств

площади; полевые исследования показали, что её подавляющий эффект mainly appears в районах с меньшей плотностью постоянного населения, таких как Байаньба и Лунду, что предполагает необходимость умеренного руководства агломерацией постоянного населения.

Окружающая пропускная способность застройки оказывает стимулирующие воздействия на парковые зелёные зоны, площади и улицы, то есть по мере увеличения плотности окружающей застройки жизненная активность вышеуказанных рекреационных пространств соответственно возрастает. Для общественных зелёных зон, возможно, из-за увеличения плотности окружающей застройки население более склонно покидать среду высокоплотного сообщества для рекреационной деятельности.

5. Обсуждение и выводы

5.1 Особенности жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах

В данном исследовании на примере района Ваньчжоу города Чунцин изучены характеристики жизненной активности рекреационных пространств и механизмы влияния в высокоплотных горных городах, получены следующие конкретные выводы:

① Вследствие влияния сложного рельефа основное рекреационное расстояние перемещений в Ваньчжоу находится в пределах 1,5 км, а масштаб основного охвата услугами жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах существенно сокращён по сравнению с равнинными городами.

② В рекреационных пространствах высокоплотных горных городов улицы и общественные зелёные зоны имеют широкое пространственное распределение и могут эффективно компенсировать недостаточность парковых зелёных зон и площадей, тем самым размещая значительные объёмы рекреационной деятельности. Путём сравнения продолжительности рекреационной деятельности установлено, что по сравнению с улицами и площадями парковые зелёные зоны и общественные зелёные зоны могут удовлетворять рекреационную деятельность различных продолжительностей, что позволяет сделать вывод о более богатом разнообразии типов рекреационной деятельности, которые они несут.

5.2 Различия в механизмах влияния жизненной активности рекреационных пространств по типам

В данном исследовании путём анализа географически взвешенной регрессии объяснены различия в механизмах влияния жизненной активности рекреационных пространств для различных типов рекреационных пространств. Благодаря этим различиям можно координированно размещать различные типы рекреационных пространств — например, в районах с лучшими условиями доступности окружающей дорожной сети можно в первую очередь рассматривать парковые зелёные зоны, а не твёрдые пространства площадей, тогда как в районах с более высокой плотностью окружающих торговых услуг — наоборот.

Это различие отражает различные синергетические эффекты рекреационной деятельности в различных типах рекреационных пространств с другими типами поведенческой деятельности (например, покупками), что может быть проанализировано в последующем исследовании. Кроме того, на основе этих механизмов влияния могут быть предложены стратегии повышения жизненной

активности для различных рекреационных пространств.

5.3 Стратегии повышения жизненной активности рекреационных пространств в высокоплотных горных городах

В среде застройки высокоплотных горных городов крупные рекреационные пространства могут означать более низкую рекреационную жизненную активность, что требует большего внимания к увеличению разбросанных пространств, размещаемых «шовным» способом. Большое количество исследований уже обнаружило значительные преимущества этих разбросанных пространств в высокоплотных городах[54-55], таких как более низкие затраты на строительство, возможность широкого распространения, а увеличение размещения и строительства разбросанных пространств может эффективно удовлетворить рекреационные потребности населения высокоплотных горных городов.

Районы с высокой плотностью застройки и низкой открытостью поверхности имеют более высокие рекреационные потребности, требуя значительного увеличения размещения рекреационных пространств. Кроме того, для парковых зелёных зон следует учитывать условия доступности дорожной сети, повышая жизненную активность рекреационных пространств такими мерами, как добавление входов, установка лестниц и лифтов. Механизмы влияния жизненной активности площадей и улиц сходны — оба должны учитывать окружающие функциональные характеристики, а комбинированное размещение с торговлей и общественным питанием может эффективно повысить их использование. Основными факторами, влияющими на жизненную активность общественных зелёных зон, является окружающее постоянное население, поэтому масштаб площади общественных зелёных зон следует рассматривать в сочетании с масштабом населения сообщества.

5.4 Ограничения и перспективы

В данном исследовании изучена жизненная активность рекреационных пространств в высокоплотных горных городах. Один из основных выводов заключается в том, что улицы и общественные зелёные зоны играют очень важную роль в рекреационной деятельности высокоплотных горных городов, однако исследование имеет определённые ограничения:

① Теоретические исследования механизмов влияния жизненной активности разбросанных рекреационных пространств недостаточны. Текущие методы в основном сосредоточены на комплексном исследовании рекреационных пространств в горных городах и сравнительных исследованиях, тогда как разбросанные пространства как важные рекреационные пространства среди них могут иметь механизмы влияния, связанные с более микроэлементными элементами, такими как рекреационные объекты и площадь покрытия, требующие соответствующего исследования механизмов влияния жизненной активности в сочетании с предложениями разбросанных пространств.

② Методы определения и идентификации разбросанных рекреационных пространств недостаточны. На городских улицах, за исключением полос движения автомобильного транспорта, все являются физическими пространствами, где население может проводить рекреационную деятельность, что затрудняет определение границ разбросанных пространств на обочинах улиц и в углах. Общественные зелёные зоны характеризуются большим количеством и разбросанным распределением, поэтому в

данном исследовании общественные зелёные зоны и разбросанные пространства на обочинах и в углах улиц были интегрированы в каждый участок и каждую улицу для исследования. В последующих исследованиях необходимо предложить точные методы идентификации и определения, чтобы более тонко изучать их механизмы влияния.

Примечания

① Данные представляют собой генерируемые по событиям данные, создаваемые при использовании пользователями запросов позиционирования мобильного интернета, поступающие из нескольких приложений, то есть мгновенные данные о географическом положении, формируемые, когда пользователи выполняют такие события, как вход в систему, поиск, отправка и получение информации и push-уведомления в различных приложениях. Данные были анонимизированы и не затрагивают личную конфиденциальность.

Библиография

- [1] HUANG Guangyu. Principles of Mountainous Cities[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2006.
- [2] YANG Minghan, HUANG Xiaojun, SONG Tao. Research on Evaluation of Public Space Vitality Based on "Explicit-Implicit Mutual Learning": A Case Study of Park Green Spaces in Xi'an[J]. Human Geography, 2023, 38(5): 118-125.
- [3] XI Jinping. Major Issues in China's Medium- and Long-Term Economic and Social Development Strategy[EB/OL]. (2020-04-10) [2025-07-11]. <http://www.nopss.gov.cn/n1/2020/1102/c432288-31915415.html>.
- [4] LEI Cheng, ZHAO Wanmin. Pedestrian System Planning Theory and Practice in Mountainous Cities: A Case Study of Chongqing Main Urban Area[J]. Urban Planning Forum, 2008(3): 71-77.
- [5] LIU S, LAI S Q, LIU C, et al. What Influenced the Vitality of the Waterfront Recreational Space? A Case Study of Huangpu River in Shanghai, China[J]. Cities, 2021, 114: 103197.
- [6] HAN Yongchun, WANG Shifu, DENG Zhaohua. Speculation, Empirical Research and Enlightenment on Waterfront Vitality and Quality: A Case Study of Guangzhou Pearl River Waterfront Area[J]. Urban Planning Forum, 2021(4): 104-111.
- [7] WANG Weiqiang, MA Xiaojiao. Research on Waterfront Public Space Vitality Evaluation Based on Multi-Source Data: A Case Study of Huangpu River Waterfront Area[J]. Urban Planning Forum, 2020(1): 48-56.
- [8] LI Fangzheng, QIAN Leixi, ZANG Fengqi, et al. Research on Recreational Use and Influencing Factors of Country Parks in Beijing Based on Tencent Travel Big Data[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 26(4): 77-83.
- [9] TAO Zheng, DING Jiahui, WANG Ling, et al. Spatiotemporal Heterogeneity of Urban Park Characteristics' Influence on Recreational Vitality[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(12): 108-114.
- [10] CHEN Jintang, DENG Mingliang, LIANG Binzhu, et al. Research on Spatiotemporal Characteristics of Built Street Vitality and Quality Improvement Strategies: A Case Study of Jianshe New Village in Guangzhou[J]. Planner, 2021, 37(16): 13-22.
- [11] YANG Dongfeng, WANG Xiaomeng, HAN Ruina. Nonlinear Effects and Interactive Effects of Built Environment on Street Vitality: A Case Study of Shenyang[J]. Urban Planning Forum,

2023(5): 93-102.

[12] MA Liya, XIU Chunliang. Research on Matching between Park Green Spaces and Residential Areas Based on Residents' Leisure Travel in Shenyang[J]. *World Regional Studies*, 2023, 32(6): 108-118.

[13] ZHAI Yujia, ZHUANG Andi, GONG Xiuqi, et al. Empirical Research on Service Radius of Urban Regional Parks in Age-Friendly Context: A Case Study of Shanghai Luxun Park[J]. *Urban Architecture*, 2018(12): 56-60.

[14] XIA C, YE H A G O, ZHANG A. Analyzing Spatial Relationships Between Urban Land Use Intensity and Urban Vitality at Street Block Level: A Case Study of Five Chinese Megacities[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103669.

[15] MING Yujia, LIU Yong, ZHOU Jiasong. Big Data-Based Evaluation of Mountainous City Vitality: A Case Study of Chongqing Main Urban Area[J]. *Resources Science*, 2020, 42(4): 710-723.

[16] WANG H, TANG J, XU P, et al. Research on the Influence Mechanism of Street Vitality in Mountainous Cities Based on a Bayesian Network: A Case Study of the Main Urban Area of Chongqing[J]. *Land*, 2022, 11(5): 728.

[17] JALALADDINI S, OKTAY D. Urban Public Spaces and Vitality: A Socio-Spatial Analysis in the Streets of Cypriot Towns[J]. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2012, 35: 664-674.

[18] SHAN Ruiqi, ZHANG Song. Historical Built Environment Renewal Vitality Evaluation and Regeneration Strategies: A Case Study of Shanghai Tianzifang, Xintiandi and Yuyuan Tourism Mall[J]. *Urban Planning Forum*, 2021(2): 79-86.

[19] WANG Jianguo. Inclusive Sharing, Explicit-Implicit Mutual Learning, Livability Expectable: Historical Landscape and Contemporary Creation of Urban Vitality[J]. *City Planning Review*, 2019, 43(12): 8.

[20] JACOBS J. *The Death and Life of American Cities*[M]. New York: Random House, 1961.

[21] GEHL. *Life Between Buildings*[M]. HE Renke, trans. Beijing: China Architecture & Building Press, 1992.

[22] YANG Huiya, HU Xinyu, HAN Xiazhou, et al. Spatiotemporal Behavioral Research of Square Visitors in High-Density Urban Areas from Elderly Perspective: A Case Study of Nanjing[J]. *Landscape Architecture*, 2019(2): 87-93.

[23] TAN Shaohua, LI Yingxia. Research on Plaza Vitality Construction: A Case Study of the Central Sunken Plaza of Chongqing Three Gorges Square[J]. *Journal of Human Settlements in West China*, 2015, 30(2): 93-98.

[24] WEI Di, LU Yi, WANG Yuan, et al. Information Flow Intervention in Public Space Vitality Creation: Big Data Evidence-Based Analysis Based on Urban Parks[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2023, 30(7): 86-94.

[25] NIU Xinyi, LIN Shijia. Spatiotemporal Big Data in Urban Planning Research: Technology Evolution, Research Issues, and Frontiers[J]. *Urban Planning Forum*, 2022(6): 50-57.

[26] XIA C, YE H A G O, ZHANG A. Analyzing Spatial Relationships Between Urban Land Use Intensity and Urban Vitality at Street Block Level: A Case Study of Five Chinese Megacities[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103669.

[27] LIU Song, LAI Siqi. Research on Urban Public Space Vitality Measurement Supported by Big Data[J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2019, 26(5): 24-28.

[28] WU Zhiqiang, YE Zhongnan. Research on Urban Spatial Structure Based on Baidu Map Thermal Maps: A Case Study of Shanghai Central Urban Area[J]. *City Planning Review*, 2016,

40(4): 33-40.

[29] ZHENG Degao, LIN Chenhui, WU Hao, et al. Spatial Research and Digital Portrait Technology Framework Oriented to Sustainable Urban Development[J]. Urban Planning Forum, 2023(6): 32-39.

[30] CAO Zhongming, ZHEN Feng, LI Zhixuan, et al. Urban Temporal Vitality Patterns and Influencing Factors Based on Mobile Signaling Data: A Case Study of Nanjing Central Urban Area[J]. Human Geography, 2022, 37(6): 109-117.

[31] YANG Junyan, ZHANG Zhonghu, SHI Yi. Exploration of Digital Platform for Public Participation in Urban Design Oriented to Urban Renewal: A Case Study of Nanjing Yuejianglou District[J]. Urban Planning Forum, 2024(3): 74-81.

[32] FU Lei, HE Wang, LIU Chang. Spatial Structure and Performance of Mountainous Belt-Shaped Cities[J]. Urban Planning Forum, 2012(Supplement 1): 18-22.

[33] LUO Chang, WANG Fangmin, LI Gaogao, et al. Matching Characteristics of Cultural Service Supply and Demand of Park Green Space Ecosystems in Mountainous Polycentric Cities[J]. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(13): 5816-5827.

[34] LIU Jun. Problems and Countermeasures in Urban Green Space System Planning in Mountainous Cities[J]. Chinese Landscape Architecture, 2017, 33(9): 67-72.

[35] ZHOU Conghui, ZHANG Yu. Layout Control Methods for Small and Micro Park Green Spaces in High-Density Urban Areas[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37(10): 60-65.

[36] LIU Ziqing, WANG Xinyu, YANG Feng, et al. Digital Identification Technology of Informal Green Spaces Integrating Deep Learning in Urban Renewal Context[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023, 39(6): 33-38.

[37] MAO L, ZHENG Z, MENG X, et al. Large-Scale Automatic Identification of Urban Vacant Land Using Semantic Segmentation of High-Resolution Remote Sensing Images[J]. Landscape and Urban Planning, 2022, 222: 104384.

[38] LIU J, MENG B, SHI C. A Multi-Activity View of Intra-Urban Travel Networks: A Case Study of Beijing[J]. Cities, 2023, 143: 104634.

[39] YANG Junyan, JIN Tanhua, SHI Yi, et al. Urban Population Digital Portraits Based on Big Data: Technology and Empirical Study[J]. City Planning Review, 2023, 47(4): 45-55.

[40] ZHANG Xun. Research on Digital Portraits of Urban Populations Oriented to Precision Planning[D]. Nanjing: Southeast University, 2025.

[41] ZHOU Xingang, SUN Chenchen, NIU Xinyi. Discussion on Spatial Scale Issues of Job-Housing Relationships Based on Mobile Big Data: A Case Study of Shanghai and Shenzhen[J]. International Urban Planning, 2021, 36(5): 78-85.

[42] ZHOU X G, YE H A G O, LI W F, et al. A Commuting Spectrum Analysis of the Jobs-Housing Balance and Self-Containment of Employment with Mobile Phone Location Big Data[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2018, 45(3): 434-452.

[43] LIU Bing, ZHANG Hanshuang, CAO Juanjuan, et al. Spatial Strategy Implementation Evaluation of Wuhan Based on Bus Accessibility Performance[J]. Urban Planning Forum, 2017(1): 39-47.

[44] VAN CAUWENBERG J, CERIN E, TIMPERIO A, et al. Park Proximity, Quality and Recreational Physical Activity Among Mid-Older Aged Adults: Moderating Effects of Individual Factors and Area of Residence[J]. International Journal of Behavioral Nutrition & Physical Activity, 2015, 12: 46.

[45] HAMSTEAD Z A, FISHER D, ILIEVA R T, et al. Geolocated Social Media as a Rapid Indicator

of Park Visitation and Equitable Park Access[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2018, 72: 38-50.

[46] ZHUANG Yini, CHEN Dan, CHE Shengquan. Research on Influence of Urban Residential Environment Plant Landscape Characteristics on Elderly Social Behavior: A Case Study of Shanghai Hongkou District[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37(10): 83-88.

[47] HU Xinyu, LI Tingting. Research on Spatiotemporal Distribution Characteristics of Urban Park Populations Based on Vitality Perspective: A Case Study of Suzhou Central Urban Area[J]. Landscape Architecture, 2022, 39(7): 90-97.

[48] HE Wenhui, YANG Xin, TANG Guo'an, et al. Research on Urban Surface Openness Based on Digital Elevation Model: A Case Study of Nanjing Old City[J]. Journal of Geo-information Science, 2012, 14(1): 94-100.

[49] WANG Zihao, ZHANG Chunyang. Review on Association Research between High-Density Built Environment and Public Health[J]. South Architecture, 2023(6): 21-32.

[50] LU Shuang, WANG Yu, ZENG Peng. Research on Spatiotemporal Evolution Characteristics of Urban Park Green Space Accessibility Based on Geodetector Method: A Case Study of Jinan Central Urban Area from 2006 to 2018[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2022, 37(5): 81-88.

[51] WANG Chunchun, JIN Yunfeng. Dual Job-Housing Anchors: Analysis of Service Range of Community Public Green Spaces in Central Urban Areas: A Case Study of Huangpu District, Shanghai[J]. Landscape Architecture, 2024, 41(8): 102-110.

[52] LU Binbin, GE Yong, QIN Kun, et al. Technical Review of Geographically Weighted Regression Analysis[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2020, 45(9): 1356-1366.

[53] ZHAO Yifan, ZHANG Xunyi, ZHANG Yuanming, et al. Community Precision Planning Strategies Based on Population Spatiotemporal Behavior Portraits: A Case Study of Nanjing Yuejianglou Community[J]. Planner, 2022, 38(9): 108-116.

[54] ZHOU Conghui. Basic Attributes and Planning Key Issues of Urban Micro-Green Spaces[J]. International Urban Planning, 2022, 37(3): 105-113.

[55] WANG Yijin, ZHANG Lijun, LI Fangzheng. Exploring the Neglected Potential Value of Informal Green Spaces: Generation, Framework, and Methods[J]. World Architecture, 2023(7): 16-17.