

Статья

Исследования методов измерения и факторов, влияющих на Степень пространственного повреждения исторических мест: исследование трех примеров Древние города в Шаньси, Китай

Бин Чжао и Вэйчэн Хан *

Архитектурный колледж Тайюаньского технологического университета, Тайюань 030024, Китай;
zhaobing1652@link.tyut.edu.cn * Переписка: hanweicheng@tyut.edu.cn; Тел.: +86-1393-456-9366

Аннотация: Исторические места являются важными компонентами культурной истории каждого города, поскольку они хранят богатые исторические знания и самобытные ценности, переданные от предыдущих поколений к настоящему. В связи с прогрессом урбанизации и модернизации многие исторические объекты сталкиваются с угрозой разрушения и трансформации. В этой статье был разработан метод оценки ущерба культурному наследию для измерения степени пространственного ущерба историческим объектам. Используя выборочные данные, полученные в Сияне, Ци и Сяои, все исторические города провинции Шаньси, материковый Китай, и комбинированные веса были оценены с использованием метода Delphi и метода весов CRITIC. После этого была разработана модель пространственной степени повреждения (SDDM), основанная на кластерном анализе К-средних и классификации К-ближайших соседей (KNN). Результаты показывают, что модель эффективно решает задачу оценки уровня пространственного ущерба историческим объектам. С помощью множественного линейного регрессионного анализа было показано, что ущерб историческим местам был преимущественно вызван тремя факторами: естественной эрозией, строительным ущербом, а также планированием и политикой. SDDM использовался для расчета уровней пространственного ущерба историческим местам, что позволило реставраторам полностью понять особенности и проблемы, связанные с историческими объектами. В результате могут быть разработаны более научные и рациональные подходы к сохранению, повышающие эффективность восстановления и сохранения исторических мест, а также способствующие устойчивому развитию городского и сельского наследия.



Цитирование: Чжао, Б.; Хан, В. Исследование методов измерения и факторов, влияющих на степень пространственного повреждения исторических мест: пример трех древних городов в Шаньси, Китай. Здания 2023, 13, 2957. <https://doi.org/10.3390/buildings13122957>.

Академические редакторы: Дэн Бомпа, Кристина Кошиа, Карла Бартолоцци и Даниэле Даббене

Поступила: 30 октября 2023 г.

Пересмотрено: 17 ноября 2023 г.

Принято: 24 ноября 2023 г.

Опубликовано: 28 ноября 2023 г.



Копирайт: © 2023 авторов.

Лицензиат MDPI, Базель, Швейцария.

Эта статья находится в открытом доступе. распространяется на условиях и условия Creative Commons

Лицензия с указанием авторства (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Ключевые слова: исторические места; степень пространственного повреждения; К-означает кластеризацию; К классификация ближайших соседей; Факторы повреждения

1. Введение

Городское культурное наследие служит движущей силой, стимулирующей устойчивое городское развитие [1], причем исторические объекты являются жизненно важными составляющими этого наследия. Реконструкция этих исторических мест в процессе урбанизации повышает комфортность и самобытность города. По мнению Международного совета по памятникам и достопримечательностям (ИКОМОС), консервация означает развитие территории с целью сохранения ее «культурной значимости» [2]. Однако неправильная консервация может привести к пространственному ущербу в этих городских исторических объектах во время их адаптивного использования. В настоящее время приверженность Китая защите культурного наследия получает значительное признание, но одновременно сталкивается с огромным давлением из-за быстрого развития страны. В то время как власти национального и городского уровня все больше внимания уделяют культурному наследию и ускоряют реализацию защитного законодательства, объекты культурного наследия по-прежнему страдают от серьезного ущерба, а некоторые исторические объекты быстро приходят в упадок. Кроме того, учитывая специфические национальные условия и этап развития Китая, задачу защиты культурного наследия приходится решать поэтапно из-за ограниченности материальных ресурсов, что не позволяет полностью охватить все исторические места. Чтобы решить эти проблемы, крайне важно понять значение ценности наследия, а также связанные с этим вопросы, такие как оценка стоимости. Это понимание облегчит исследование масштабов ущерба, нанесенного различным историческим местам. Различая уровни ущерба различным историческим местам, города могут оптимизировать планирование инициатив

Такой подход не только повышает эффективность восстановления наследия, но и помогает разумному использованию человеческих и материальных ресурсов.

Исторические места — это больше, чем просто отдельные сооружения; это городские и сельские пейзажи, раскрывающие уникальные культуры, значительные события и исторические события [3].

Концепция исторических мест была разработана на основе этой точки зрения. От Венецианской хартии 1964 года до Вашингтонской хартии 1987 года определение исторических мест эволюционировало от «территории, окружающей историческое здание» до «больших и малых территорий, имеющих историческое значение в городе, охватывающих старый центр города и другие районы» . представляющий исторический интерес» [3,4]. Наследие неотделимо от истории, свидетелями которой они стали, и контекста, в котором они были задуманы или построены, что подчеркивает важность исследования исторических мест.

Во-первых, термин «ущерб» используется для обозначения физического вреда, нанесенного историческим местам, вызванного как природными элементами, такими как выветривание, наводнения и сейсмическая активность, так и действиями человека, такими как преднамеренный ущерб или чрезмерное использование. Это определение сформулировано с учетом целостности и аутентичности этих исторических мест, что является важнейшим критерием оценки их исторического и культурного значения. Во-вторых, концепция пространственного ущерба , относящегося к историческим местам, является составной и включает в себя физическое пространство этих мест вместе с его компонентными взаимосвязями. В частности, он учитывает не только физический ущерб самому объекту, но и его последствия для окружающей среды. Это включает в себя нарушение пространственной конфигурации, архитектурной инфраструктуры и взаимодействия между различными зданиями и объектом, а также архитектурного стиля самого объекта.

При наблюдении за мировыми тенденциями исследований по этой теме основной упор делается на оценку ущерба, технологические методы обнаружения ущерба, а также факторы, способствующие порче исторических зданий, реликвий, древних городских стен и другого культурного наследия. Однако наблюдается заметная нехватка исследований, касающихся ущерба более крупным регионам, таким как исторические места и крупные исторические городские центры.

Хотя большинство исследований исторических объектов направлены на выявление проблем и предложение решений, наблюдается явное отсутствие количественных методов или показателей для оценки географического масштаба ущерба, нанесенного историческим местам. Этой ситуации способствуют несколько факторов. Начнем с того, что изучение исторических мест — это междисциплинарная работа, охватывающая такие области, как архитектура, городское планирование, социология, экономика и так далее. Это делает ее более сложной задачей по сравнению с изучением отдельных памятников. Во-вторых, памятники, являясь материальными объектами, облегчают обнаружение, измерение, документирование и мониторинг их ущерба. Напротив, исторические места более абстрактны. Они включают в себя такие элементы, как пространственная архитектура, факторы окружающей среды и историческая эволюция, что затрудняет четкое определение и оценку их стоимости и масштаба ущерба.

Существует значительное международное исследование культурного наследия. Более ранние исследования по оценке ущерба культурному наследию в основном были сосредоточены на оценке после стихийных бедствий [5,6], пожаров [7] и войн [8–10]. В основном это осуществляется путем детальной регистрации степени и распространения ущерба наследию и создания архивов или баз данных [9,11,12]. Что касается распознавания поврежденного наследия, метод распознавания изменился с традиционного метода визуального осмотра на месте на интеллектуальные методы распознавания, такие как технология дистанционного зондирования изображений [13,14], технология БПЛА [15], технология автоматической обработки изображений [13,14]. 16] и фотограмметрия [17].

В последние годы многие ученые исследовали методы оценки ущерба культурному наследию [18] и применяли их для защиты наследия. Чжан (2021) усовершенствовал алгоритм искусственного интеллекта для создания приложения CHDA [19], которое точно определяет местонахождение поврежденных участков культурного наследия путем изучения данных изображений, размещенных в социальных сетях во время стихийных бедствий. Техедор и др. (2022) проанализировали степень ущерба культурному наследию с помощью технологии неразрушающего контроля (НК) [20–24]. П. Жуан (2019) усовершенствовал модель NBIM и применил принцип цифрового двойника (DT) для прогнозирования угроз целостности наследия посредством анализа и моделирования данных, собранных полевыми датчиками, а также для поддержки менеджеров объектов в превентивной защите своих а

предложил составить карту рисков культурного наследия через WebGIS [25,26] и применить ее для управления, мониторинга и прогнозирования культурного наследия. Система GreatWatcher, основанная на методах мобильного зондирования толпы (MCS) и алгоритме глубокого обучения, была разработана Ваном (2019) с упором на сбор больших данных и обнаружение повреждений Великой стены [27]. Бахарак и др. (2021) провели обзор и обзор системы оценки наследия (HIA). Они также обсудили ключевую роль этапа «оценки воздействия» в общей процедуре ОВЗ и стремились изучить несколько общих методов оценки воздействия ОВОС и их применимость к объектам культурного всемирного наследия. Кукко П. (2023) разработал метод оценки изменений фасадов исторических зданий на основе поведения человека, которое потенциально может повлиять на культурное наследие [29].

Кроме того, преобладающей исследовательской тенденцией стало сочетание кластерного анализа и машинного обучения (МО) с охраной наследия. Эта интеграция позволяет кластерному анализу и машинному обучению играть решающую роль в классификации наследия и разработке индивидуальных мер защиты для различных классификаций. Агапиу (2016) получил данные изображений дистанционного зондирования, использовал анализ АНР и кластерный анализ для классификации более 150 охраняемых памятников и объектов в Пафосе (Кипр) и проанализировал возможные природные и техногенные угрозы для них [30]. Джбур и др. (2019) предложили новую структуру рисования изображений для визуальных культурных данных, которая использует стратегию «разделяй и властвуй», основанную на кластеризации [31]. Цзян и др. (2022) разделили набор данных о субводоразделах культурной зоны Великой стены Пекина на пять групп с помощью расчета кластеризации K-средних и предложили различные стратегии управления для разных типов субводоразделов, чтобы адаптироваться к уникальным социально-экономическим и биофизическим условиям. Солла М. и др. (2020) использовали классификатор KNN для классификации патологии фасадов исторических зданий в сочетании с технологией неразрушающего контроля для повышения эффективности записи информации об исторических зданиях [33].

Несмотря на то, что исследования методов количественной оценки ущерба культурному наследию появляются, литература по методам измерения для оценки масштабов ущерба в комплексном контексте исторических объектов ограничена. В конечном счете, только расчет и мониторинг степени ущерба культурному наследию не может обеспечить устойчивый культурный импульс для устойчивого развития городского наследия, и его необходимо распространить на полностью исторические объекты, имеющие охранную ценность. Культурные элементы исторических мест в основном состоят из различных типов культурного наследия; следовательно, факторы повреждения более сложны. Таким образом, на этой основе данная статья опирается на предыдущие исследования по оценке ущерба культурному наследию, изучает методы и идеи оценки, а также строит модель степени пространственного ущерба (SDDM) исторических мест. Модель использует комплексный метод оценки, кластерный анализ, машинное обучение и множественный линейный регрессионный анализ для всестороннего учета культурной пространственной ценности и факторов ущерба исторических мест; и, в определенной степени, решить проблемы сложного сбора данных и сложных методов анализа из-за большого объема данных.

Основной вклад этого исследования заключается в расширении оценки ущерба историческому наследию от предыдущего внимания к отдельным зданиям до всестороннего изучения зданий, улиц, тканей и исторических элементов окружающей среды на исторических объектах. Кульминацией этого стало создание модели степени пространственного ущерба (SDDM) для исторических объектов. Это достигается путем рассмотрения и усвоения предыдущих методов и идей исследования, чтобы выбрать наиболее подходящие методы для создания модели в этом исследовании. Основное внимание в статье уделяется следующим вопросам: 1. Исследование метода создания индексной системы измерения степени пространственной поврежденности исторических объектов; 2. Классификация степени повреждения исторических памятников трех областей исследования на основе кластерного анализа K-средних; 3. Обучение и тестирование результатов кластеризации на основе K-ближайшего соседа (KNN).

классификатор;

4. Использование множественных уравнений линейной регрессии для анализа факторов ущерба исторических мест.

2. Методы и материалы.

2.1. Методы исследования

Для установления SDDM в этом исследовании применяется интеллектуальный анализ и анализ данных для расчета степени пространственного ущерба историческим местам в древнем городе Сян, древнем городе Сяои и древнем городе Ци. Эта модель может быть использована в будущем для прогнозирования пространственной степени ущерба другим историческим местам.

Метод исследования в основном состоит из шести этапов, а именно: 1. Построение индикаторной системы измерения степени пространственного ущерба; 2. Определение весов индикаторов; 3. Расчет комплексной оценочной стоимости; 4. Классификация степени поврежденности образцов на территориях исследований с помощью K-средних. кластерный анализ; 5. Проверка результатов кластеризации с использованием классификатора K-ближайших соседей; 6. Использование множественных уравнений линейной регрессии для анализа факторов ущерба исторических места.

2.1.1. Шаг 1: Построение системы индекса пространственного ущерба

Конкретное количество показателей, используемых в настоящее время для сохранения наследия, может быть трудно определить количественно, поскольку оно может сильно различаться в зависимости от страны и типа рассматриваемого культурного наследия. Однако, как упоминалось выше, во всем мире используется множество ключевых критериев, включая списки всемирного наследия, национальные реестры, объекты особого научного интереса, национальные исторические достопримечательности, национальные фонды, национальные памятники, знаки европейского наследия и многое другое. Более того, во многих странах существуют свои собственные дополнительные системы и критерии сохранения наследия, что увеличивает широту и разнообразие этих показателей.

При определении этих индексов авторы ссылались на соответствующие исследования как внутри страны, так и за рубежом, и делали выбор в соответствии с целями нашего исследования и реальными условиями. В этом исследовании признание объекта историческим основывалось на аутентичности и целостности его исторических и культурных пространств, а также его наследия. Следовательно, оценка пространственного ущерба во многом зависит от степени повреждения этих атрибутов — целостности и аутентичности. На этой основе предшественники провели обширные исследования по оценке пространственной ценности исторических мест. Критериями оценки системы оценки китайских историко-культурных городов являются степень сохранности исторических зданий, руин, улиц и переулков [34]. Требования к утверждению Списка всемирного культурного наследия включают культурные реликвии, архитектурные комплексы и объекты [35]. Эти руководящие принципы составляют основу для построения системы показателей в настоящем исследовании.

Ву (2015) использовал «Пять элементов городского дизайна» Кевина Линча для создания системы оценки ценности трех исторических объектов в провинции Гуандун, Китай [36]. Ли и др. (2019) предложили трехстороннюю классификацию показателей: ценность архитектурного наследия, народная культурная ценность и традиционные методы производства. Эта категоризация включает 16 субпоказателей, включая степень сохранности зданий, размеры зданий и степень экологической координации [37]. Аналогичным образом, Лю и др. (2019) разделили показатели оценки на четыре категории — историческая достоверность, непрерывность жизни, стилистическая целостность и рациональность реновации — в соответствии с Положением об охране и планировании китайских исторических и культурных городов [38]. Ченг (2016), с другой стороны, создал систему показателей, которая включала среду обитания, традиционную архитектуру, модели выбора мест и нематериальные культурные элементы для оценки ценности исторических мест [39]. В этом исследовании использовался подход к оценке стоимости для изучения пространственного ущерба историческим местам. Предыдущие исследования, основанные на системе ценностей, выбирали статические показатели, такие как исторические здания, исторические улицы и переулки, а также наследие. Учитывая характеристики пространственного ущерба историческим местам, авторы включили динамический индикатор — эволюцию структуры — для определения пространственного ущерба в исторических областях в ходе их развития и эволюции, основываясь на предыдущих исследованиях. Впоследствии авторы использовали пять элементов городского дизайна Кевина Линча в качестве ориентира для разделения этих показателей на четыре классификации: узел, путь, край и район [40]. «Узел» охватывает здания и дворы,

тогда как «тропа» означает традиционные улицы и переулки в исторических местах [41,42]. «Край» представляет собой исторические элементы окружающей среды, такие как городские стены и рвы в этих районах. Наконец, «район» означает общую историческую эволюцию этих территорий. Важно отметить, что категории узла, пути и ребра классифицируются как статические показатели, а районы относятся к динамическим показателям. Эти индексы имеют решающее значение для отражения морфологических и функциональных изменений исторических мест в условиях исторических трансформаций [43,44].

Хотя у этого метода нет фиксированных стандартов, он обычно считается эффективным [45]. Выбранные нами индексы широко используются и широко применяются в исследованиях исторических мест, способны всесторонне отражать особенности и развитие таких территорий.

Более того, получение данных является жизненно важным аспектом исследования. Текущие методологии в первую очередь включают технологии дистанционного зондирования и ГИС, косую съемку с помощью дронов, оценки на месте, обзор литературы, машинное обучение и глубокое обучение. В данном исследовании для сбора данных используются первые четыре метода. Технологии дистанционного зондирования и географические информационные системы (ГИС) используются для сбора и изучения пространственных данных об исторических местах [46]. В частности, авторы могут распознавать и количественно оценивать ущерб, сравнивая изображения, сделанные в разные периоды времени. Наклонная фотосъемка с дрона используется для получения 3D-изображений высокого разрешения местности, архитектурных сооружений и других особенностей поверхности в пределах исследуемой территории [47]. Эта процедура позволяет авторам напрямую оценивать объекты исследования и получать данные для моделирования. Хотя появление новых технологий дает бесценную информацию, оценки на местах по-прежнему имеют решающее значение. Эти физические проверки улучшают наше понимание конкретных сценариев и последствий пространственного ущерба исторических мест. Кроме того, крайне важно обращаться к научной литературе и разрабатывать схемы индикаторов, основанные на предыдущих исследованиях, а также соответствующие потребностям отдельных исследований. В сфере сбора данных для пространственных показателей исторических мест многообещающими также являются машинное и глубокое обучение. Сверточные нейронные сети (CNN) могут идентифицировать объекты и особенности на изображениях, способствуя измерению пространственного ущерба [48]. Исследование предполагает дальнейшие достижения в этой области в будущем.

2.1.2. Шаг 2: Определите вес показателей

Этот шаг объединил два метода (субъективный и объективный вес), чтобы сделать его в некоторой степени профессиональным. Для расширения прав и возможностей субъектов использовались метод Дельфи и метод принятия решений в малых группах, а затем был проведен анкетный опрос и интервью среди других специалистов для модификации системы индексов. В методе объективного взвешивания использовался весовой метод CRITIC, а веса присваивались в соответствии с интенсивностью сравнения и конфликтом значений индекса оценки [49]. Наконец, веса, полученные двумя методами, были синтезированы для получения окончательного веса каждого индекса.

1. Метод Дельфи

Delphi — это консультативная технология принятия решений, обобщенная и предложенная корпорацией RAND в 1964 году [50]. Его основная цель или структура — получить мнение экспертов посредством нескольких раундов анонимной переписки, чтобы найти оптимальное или удовлетворительное решение для группы. Анкета, разработанная в данном исследовании, представляет собой 5-балльную шкалу отношения, и чем выше балл, тем более позитивно отношение к важности этого показателя. В состав опрошенной группы в основном входят преподаватели и профессора архитектуры, городского и сельского планирования, а также сотрудники, проработавшие в проектных институтах более 5 лет. Форму экспертной оценки можно найти в Приложении А.

2. Весовой метод CRITIC

Метод взвешивания CRITIC (Важность критериев посредством межкритериальной корреляции) является своего рода методом расширения объективных возможностей. Он использует последовательность каждого значения стандартного отклонения и коэффициента корреляции для определения веса индекса [49]. Однако в этом методе независимость данных и предпочтения профессиональных оценщиков не могут быть отражены в весах. Поэтому метод Delphi был выбран для модификации метода взвешивания CRITIC в методе определения веса индекса.

3. Метод мультипликативного синтеза.

Этот метод умножал веса индикатора, полученные методом Дельфи и методом весов CRITIC, а затем получал объединенные веса w_j в соответствии с формулой (1).

$$w_j = \frac{\theta}{\sum_{k=1}^D (k)/j} \cdot \frac{D}{\sum_{k=1}^D \theta_{k=1}^{Dj}(k)} \quad (1)$$

Примечание: θ — произведение веса W_a , полученного методом Дельфи, на j вес θ_j , полученный методом весов CRITIC, q — количество показателей.

2.1.3. Шаг 3: Расчет значения комплексной оценки C_i (формула (2)) использовалась для

расчета значения комплексной оценки на основе веса количественных результатов пространственного ущерба историческим объектам. Q_i является основой для последующего кластерного анализа К-средних и создания моделей коррекции прогнозирования KNN.

$$C_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_i \cdot x_{ij} \quad (2)$$

Примечание. Q_i — значение комплексной оценки, w_i — значение комбинированного веса, x_{ij} — стандартизированные значения различных показателей, n — количество образцов.

2.1.4. Шаг 4. Классификация степени повреждения образцов в районах исследования с помощью кластерного анализа К-средних.

Комплексная оценка каждого индекса каждого участка на исторических местах, полученная на первых трех этапах, является базовым набором данных для анализа четвертого этапа.

Кластеризация К-средних — это тип алгоритма машинного обучения без учителя, используемый для классификации объектов в K различных групп (кластеров) на основе определенных признаков. Алгоритм работает по принципу минимизации внутрикластерной дисперсии, которая представляет собой сумму квадратов евклидовых расстояний между каждой точкой и центроидом назначенного ей кластера. «Средние» в К-средних относятся к усреднению данных, т. е. к нахождению центроида [51]. Алгоритм кластеризации К-средних состоит из следующих шагов [52]:

1. Инициализация: случайным образом выберите K точек, которые будут служить начальными центроидами K -кластеров;
2. Назначение: назначьте каждую точку данных ближайшему центроиду. Используемой мерой расстояния часто является евклидово расстояние; 3.
- Обновление: рассчитайте новый центроид (среднее значение) каждого кластера, взяв среднее значение всех точки данных в кластере;
4. Повторяйте шаги 2 и 3 до тех пор, пока алгоритм не сойдется, т. е. центроиды не изменяются существенно или не будет достигнуто заданное количество итераций.

Формулы кластерного анализа следующие:

$$c_p = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} u_{pi} \quad u=1, 2, 3, \dots, K \quad (3)$$

$$A = \sum_{p=1}^K \sum_{u=1}^{N_p} \frac{u_{pi}^2}{\text{процессор}} \quad (4)$$

где N_p означает, что в центре кластера c_p имеются данные N_p , Q_{pi} означает данные u_{pi} в центре кластера c_p , и итерация продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие завершения, согласно которому сумма квадратов ошибок A (формула (4)) сходится [53]. Тогда мы можем получить окончательный центр кластеризации $c_1, c_2, \dots, c_K$.

Дополнительно значение номера кластера K выбиралось по правилу локтя:

и значение K в этом исследовании было установлено равным 5. Как показано на рисунке 1.

Классификатор KNN зависит от выбора значения K и применяемой меры расстояния. В этом В исследовании для выбора оптимального значения K был принят метод перекрестной проверки [54].

2.1.6. Шаг 6: Метод исследования факторов повреждения исторических мест: множественный линейный Регрессивный анализ

Множественный линейный регрессионный анализ — это метод статистического анализа, используемый для определения взаимозависимые количественные отношения между двумя или более переменными. Его суть состоит в том, чтобы использовать несколько независимых переменных, чтобы совместно предсказать или оценить тенденцию зависимых переменные [58]. Поэтому для уточнения факторов повреждения и изучения влияния различные факторы степени пространственного повреждения исторических мест, множественная линейная регрессия Модель была выбрана для анализа влияющих факторов. Уравнение модели выглядит следующим образом (Формула (6)):

$$y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_nX_n + \epsilon$$

(6)

где y — зависимая переменная, представляющая степень пространственного ущерба в исторических места; X1, X2, . . . ,Xn – ряд факторов, влияющих на степень пространственной поврежденности исторических объектов; β0, β1, β2, . . . ,βn — коэффициент регрессии, ε — член ошибки.

2.2. Источники данных и область исследования
2.2.1. Источники данных

Данные, собранные на трех выборочных территориях в этом исследовании, являются основой для расчета. степень пространственного повреждения. Чтобы обеспечить точность данных, их научную проверку и всесторонний охват, данные о контурах зданий и данные о дорогах с карты OSM были объединены. с полевыми исследованиями, записями с дронов и картой Baidu Street View (2019). Этот способствовал исследованиям и статистическому анализу соответствующих показателей, включая здания, дворы и улицы внутри участков. Карты Google помогли изучить процесс пространственной эволюции зданий, улиц и предприятий на участках за последние десять лет [14], и получено количественное значение динамического показателя степени повреждения блока. Источник данных показан в Таблице 1. Семьдесят наборов выборок данных были собраны в три области исследований для этого исследования.

Таблица 1. Источники данных.

Имя данных	Тип данных	Источники данных
Спутниковые карты Google	Тиф	Гугл Земля
Данные контура здания Osm	Осм	https://www.openstreetmap.org/ (по состоянию на 15 октября 2022 г.)
Данные о дорогах Осма	Осм	https://www.openstreetmap.org/ (по состоянию на 15 октября 2022 г.)
Карта улиц Байду	карта	https://map.baidu.com/ (по состоянию на 25 февраля 2023 г.)
Топографическая карта САПР	чертеж	Бюро местного жилищного строительства и городского и сельского развития
Данные Третьего национального землеустроительного исследования	Шейп-файл	Бюро местного жилищного строительства и городского и сельского развития
Вид с воздуха на сайт	Jpg	Исследования на месте (БПЛА)

2.2.2. Область исследования

Для данного исследования стратегически выбраны три места. Это древний город Сиянь, Древний город Сяои и древний город Ци — все в провинции Шаньси. Основания или критерии поскольку их выбор - это присущее им богатство культурной истории и наследия, которые одновременно осязаемы. и нематериальное. Они также включают образцы данных, такие как здания, улицы, дворы и т. д. различной степени степени повреждения, что имеет жизненно важное значение для данного исследования. Расположение Направления исследований показаны на рисунке 2.



3.1. Индексная система и вес

3.1. Система индексов и вес

3.1.1. Индексная система

3.1.1. Система индексов

[illegible]

Таблица 2. Ресурсы индексов.

Индекс Классификация	Атрибуты элементов	Имя индекса	Ресурсы
Статический индекс	Узел	Степень повреждения крыши здания [41]	Карты Гугл
		Степень повреждения конструкции здания [59]	Baidu Street Посмотреть карту, БПЛА, и полевые исследования
		Скорость изменения функции здания [60]	Полевое расследование
		Коэффициент противоречий в размерах здания [59]	Карты Гугл
		Степень повреждения конструкции здания	Полевое расследование
	Путь	Степень повреждения дворовой формы	Карты Гугл
		Степень повреждения от уличных масштабов	Карты Гугл
		Уличная координация [36]	Карты Гугл
Динамический индекс	Край Округ	Непрерывность улицы	Baidu Street Посмотреть карту, БПЛА, и полевые исследования
		Ограждающая граничная живучесть	Карты Гугл
		Степень эволюции ткани	Карты Гугл

Более подробную информацию об определении и расчете этих показателей см. пожалуйста, обратитесь к Приложению В. Конкретную организацию данных индикатора можно найти в Приложение С.

3.1.2. Определение веса

В таблице 3 показаны совокупные веса каждого индекса. По таблице синтез метод использует метод Delphi для изменения веса метода CRITIC для получения более реалистичный вес. Особенность здания – это показатель, который может наиболее непосредственно отразить ущерб. ситуация в системе оценки, поскольку ее вес самый большой, 0,308. Форма двора а уличная координация следует на второй и третьей позициях с весами 0,222. и 0,186 соответственно. Огороженная граница в основном существует вокруг исторических мест. В настоящее время сохранилось мало остатков древних городских стен, рвов и других окрестностей. границ, поэтому их вес также относительно велик. Строительная функция не имеет прямого относятся к пространственному повреждению исторических мест, поэтому вес наименьший.

Таблица 3. Результат комбинированного взвешивания.

Имя индекса	Метод Дельфи	КРИТИК	Умножение Синтез
Степень повреждения крыши здания	0,064	0,089	0,050
Степень повреждения элементов здания	0,205	0,170	0,308
Скорость изменения функции здания	0,048	0,021	0,009
Размер здания уровень противоречий	0,072	0,029	0,018
Структурные повреждения здания степень	0,062	0,028	0,016
Степень повреждения двора форма	0,119	0,211	0,222
Степень повреждения от уличных масштабов	0,050	0,055	0,024
Координация улиц	0,108	0,194	0,186
Непрерывность улицы	0,073	0,022	0,014
Охватывающая граница живучесть	0,091	0,137	0,111
Степень эволюции ткани	0,108	0,044	0,042

3.2. Результаты кластерного анализа

В соответствии со значением комплексной оценки Qi собранные пробные площади были разделен на пять кластеров. Из-за случайности начального статистического центроида в кластерный анализ, множественные анализы были проведены и подтверждены классификаторами KNN,

Здания 2023, 13, 2957 г.

Согласно комплексной оценочной стоимости

, собранные пробные площади были

разделены на пять кластеров. Из-за случайности исходного статистического центра при кластерном анализе были

проведены и подтверждены множественные анализы с помощью классификаторов KNN, в результате чего был получен набор классификаций с наивысшей точностью для построения SDDM. В результате получен набор классификаций высочайшей точности для построения SDDM. Процесс был завершен, когда не произошло никаких изменений в центре кластера или произошло лишь небольшое изменение; процесс был завершен, когда в центре кластера не произошло изменений или произошло лишь небольшое изменение; чтобы максимальное абсолютное изменение координат в любых центрах составило 0,000. Потребовалось шесть итераций для получения оптимального результата. Исследование включало 70 наборов данных об исторических местах, классифицированных от одного до пяти, что соответствует степени повреждения от низкой до высокой. Разделения были сделаны от одного из них 22 участка первой степени повреждения, 26 участков второй степени повреждения, из них 22 участка первой степени повреждения, 14 участков третьей степени повреждения, 7 участков четвертой степени повреждения и повреждения, 14 участков пятой степени повреждения. При анализе ущерба авторы указали ущерб, а также 1 раздел исследований авторов и собранных фундаментальных данных. Результаты кластеризации показаны в объединенных рисунках 3.

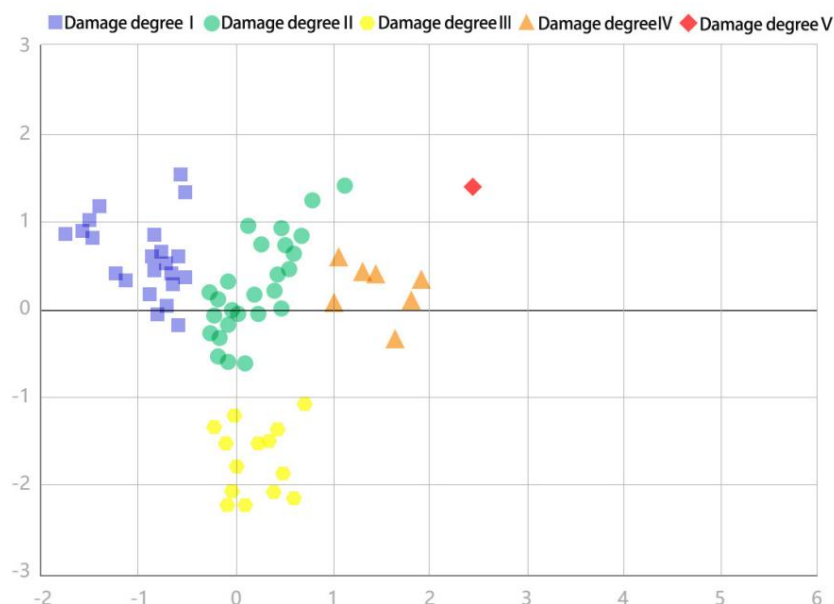


Рисунок 3. Классификационная диаграмма кластеризации степени повреждения.

Как правило, степень пространственного ущерба историческим местам имеет тенденцию следовать определенным закономерностям. Центральные районы обычно имеют меньшую степень повреждения, тогда как окружающие районы демонстрируют более высокую степень. По сути, основные территории исторических мест, как правило, менее повреждены, что позволяет эффективно сохранять различные типы наследия. И наоборот, границы этих участков часто подвергаются относительно более высокой степени ущерба, причем во многих случаях из этих объектов часто испытывают относительно более высокую степень ущерба, с многочисленными сносами. Недавно построенные здания на этих участках часто демонстрируют резкий контраст. Недавно построенные здания на этих участках часто отличаются по объему и стилю по сравнению с существующими историческими постройками. Контраст как по объему, так и по стилю по сравнению с существующими историческими постройками.

В частности, северный регион древнего города Сиянь испытал значительные изменения. В частности, северному району древнего города Сиянь был нанесен значительный ущерб, при этом один участок даже достиг степени повреждения 5. Прежде всего это проявляется в том, что один участок достиг даже 5-й степени повреждения. В первую очередь это связано с сносом более 90% исторических зданий на участке. Кроме того, размеры и структура вновь возведенных зданий претерпели существенные изменения. Нынешний архитектурный стиль серьезно не соответствует историческому.

образования. Нынешний архитектурный стиль серьезно не соответствует историческому, что приводит к глубокому несоответствию эстетической привлекательности региона.

Два дополнительных участка в древнем городе Сиянь, в основном расположенном на севере, имеют

повреждения четвертой степени тяжести. Аналогичным образом, пять участков в Древнем городе Ци, разбросанные по северной и южной границам, получили повреждения четвертой степени. Участки, попадающие в эту категорию, отмечены сносом более 60% исторических зданий, существенным ущербом.

распространением построек в современном стиле. Несмотря на сохранение нескольких исторических зданий, качество этих построек находится на высоком уровне.

Несмотря на сохранение нескольких исторических зданий, их качество в целом оставляет желать лучшего, а внешний вид ничем не примечателен. Кроме того, существует значительное

отсутствие координации и преемственности между планировками улиц и их функций.

здания резко изменились.

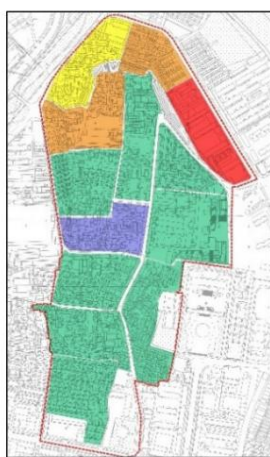
Здания 2023. 13. 2957 г.

конструкции в целом бедны и внешний вид их ничем не примечателен. Кроме того, в планировках улиц 12 из 24 наблюдается существенный недостаток координации и преемственности, а функции этих зданий резко изменились.

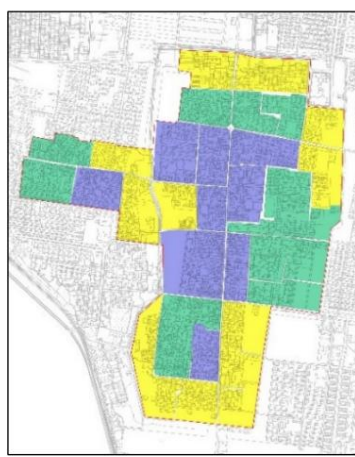
Участок в северо-западном углу древнего города Сянйг имеет повреждения 3-й степени. Сим — участок в северо-западном углу древнего города Сянйг имеет повреждения 3-й степени. параллельно еще 13 участков, разбросанных по северному и южному периметру, а также еще 13 участков, разбросанных по северному и южному периметру, и в центре западной части древнего города Сюйи также имеются повреждения 3-й степени. Основная часть западной части древнего города Сюйи также имеет повреждения 3-й степени. Признаком этого уровня ущерба является неизменность структуры земельного участка, минимальный ущерб для суда. Первичным признаком этого уровня ущерба является неизменность структуры земельного участка, минимальный ущерб. структура двора и размеры здания, соответствующие размерам оригинального древнего объекта, структура двора и размеры здания, соответствующие оригиналу. конструкции. Значительную часть общей площади застройки составляют постройки модерна, старинные постройки. Здания в современном стиле составляют значительную часть общего количества. При этом историческая застройка некачественного внешнего вида составляет от 30% до 60% площади застройки, а историческая застройка некачественного внешнего вида составляет от 30% до 60% площади застройки. Эта область. Большинство из этих поврежденных участков 3-й степени представляют собой отремонтированные частные жилые дома. 50% от общей площади объектов 3-й степени повреждений относятся к отремонтированным строениям, служащим преимущественно жилыми помещениями. Несмотря на хорошее конструктивное качество частных домов, они служат преимущественно жилыми помещениями. Несмотря на хорошую структурную. В этих зданиях отсутствует их эстетическая привлекательность, и наблюдается заметное отсутствие качества этих зданий, отсутствует их эстетическая привлекательность, и наблюдается заметный недостаток денег между улицами и переулками. гармония между улицами и переулками.

[illegible][illegible]

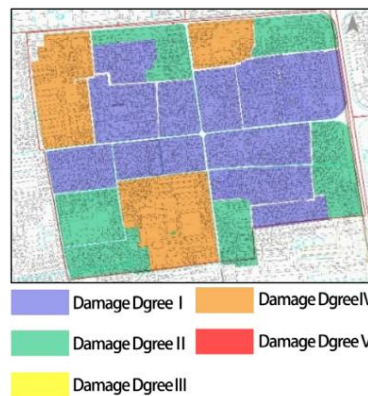
Восприятие действительности может по-разному складываться в зависимости от особенностей личности и окружающей среды. Каждый человек имеет свой тип восприятия действительности. Классификация типов восприятия действительности по различным критериям приведена в таблице 4. Относительно концентрированы, как показано на рисунке 4.



(a)



(6)



(c)

Рисунок 4. Результаты классификации степени пространственной поврежденности исторических объектов. (а) Результаты кластерного анализа Древнего города Сияна. Древний город Сияна. (б) Результаты кластерного анализа древнего города Сяои. (с) Результаты кластерного анализа древнего города Ци.

3.3. Результаты проверочного анализа KNN

С помощью классификатора К-ближайшего соседа (KNN) данные были разделены на 70% были получены обучающий набор и 30% проверочный набор, а также результаты оценки модели. В таблице 4 показаны показатели оценки прогнозирования обучающего и тестового наборов, а измеряет эффект прогнозирования К-ближайшего соседа (KNN) посредством количественного индикаторы. Среди них гиперпараметры можно постоянно регулировать с помощью индекс оценки набора перекрестной проверки, а надежная и стабильная модель может быть полученный.

Таблица 4. Результаты испытаний точности KNN.

	Точность	Скорость отзыва	Скорость точности	F1
Обучающий набор	0,939	0,939	0,925	0,93
Тестовый набор	0,81	0,81	0,695	0,738

Примечание. Точность — это доля предсказанных правильных выборов в общем количестве выборов; скорость запоминания - это доля прогнозируемых положительных проб в результатах фактически положительных проб; степень точности - это доля прогнозируемых положительных образцов, которые являются положительными образцами; F1 — среднее гармоническое значение точности. и скорость отзыва.

Согласно результатам таблицы 3, доля предсказанных правильных выборов составила для 81% от общего числа образцов. Для результатов фактически положительных проб доля прогнозируемых положительных образцов, таким образом, уровень отзыва составил 81%, уровень точности - 69,5%, а среднее гармоническое значение точности и скорости отзыва составило 73,8%. В будущем, результаты, полученные с помощью классификатора К-ближайшего соседа (KNN), можно использовать в качестве справочного материала. аккуратно охранять небольшие участки в исторических местах.

3.4. Результаты линейного регрессионного анализа

В регрессионном анализе индекс, установленный на этапе 1, делится на четыре измерения : компонент здания, особенности и форма, использование земли под застройку и структура здания. Этот метод, который классифицирует показатели на четыре отдельные группы, в первую очередь служит для уменьшить количество переменных, участвующих в регрессионном анализе [61]. Тем самым это повышает интерпретируемость модели и упрощает процесс расшифровки результатов [62]. Классификация подробно описана следующим образом. (1) Строительные компоненты: эта категория объединяет показатели «крыша здания» и «конструкция здания» , уделяя особое внимание физические аспекты здания. (2) Характеристика и форма: эта категория включает три показатели – архитектурная особенность, форма двора, координация улиц. Эти показатели коллективно решать общую эстетику и форму зданий и объектов. (3) Земля под застройку Использование: Эта категория включает три показателя: размер здания, функции здания, и охватывающая граница. Основное внимание здесь уделяется планировке зданий и земельным участкам. использовать. (4) Строительная ткань: эта категория объединяет три показателя: эволюцию структуры, уличную масштаб и непрерывность улицы. Основной проблемой здесь является степень эволюции ткани, которая отражает пространственные изменения и уровень эволюции исторических мест, выступая решающим фактором при оценке масштабов пространственного ущерба.

Согласно анализу, значимость множественной линейной регрессии составляет 0,000, что указывает на наличие значимой линейной связи между моделью и пространственной моделью. степень повреждения исторических объектов, что способствует дальнейшему исследованию ущерба Факторы исторических мест. По результатам значимости определяется степень влияния каждого переменная в порядке убывания выглядит следующим образом:

- Ограждающая граничная живучесть (X8);
- Координация улиц (X5);
- Элемент здания (X3);
- Непрерывность улицы (X11);
- Эволюция ткани (X9);
- Строительная функция (X7);
- Крыша здания (X1);

- Конструкция здания (X2);
- Форма двора (X4);
- Уличный масштаб (X10);
- Размер здания (X6).

Значимость ограждающей границы живучести (X8), координации улиц (X5), и характеристика здания (X3) меньше 0,05, что указывает на то, что эти три индекса имеют наибольшее влияние на ущерб историческим местам. Значение пяти показателей непрерывности улиц (X11), эволюция структуры (X9), функция здания (X7), крыша здания (X1) и конструкции зданий (X2) меньше 0,5, что указывает на то, что ущерб историческим объектам является незначительным. не имеет существенного значения, но имеет определенную объяснительную роль. Три фактора формы двора (X4), масштаб улицы (X10) и размер здания (X6) не имеют значения. Результат нескольких линейный регрессионный анализ показан в таблице 5.

Таблица 5. Таблица коэффициентов регрессии факторов, влияющих на степень пространственной поврежденности исторических объектов.

Класс переменной	Независимая переменная	Стандартизация Коэффициент	Значение	ВИФ
Компонент здания	Крыша здания X1	0,114	0,296	3,595
	Строительная конструкция X2	0,222	0,331	15,696
Особенность и форма	Особенность здания X3	0,334	0,048	8,399
	Форма двора X4	0,076	0,543	4,750
	Координация улиц X5	0,378	0,001	3,782
Землепользование под застройку	Размер здания X6	0,028	0,903	16,624
	Построение функций X7	0,097	0,286	2,492
	Охватывающая граница живучесть X8	0,728	0,000	1,443
	Эволюция структуры X9	0,093	0,278	2,235
Строительная ткань	Масштаб улицы X10	0,028	0,684	1,443
	Непрерывность улицы X11	0,144	0,181	3,469

Примечание. VIF (коэффициент инфляции дисперсии) используется для измерения ковариации независимой переменной. Чем больше значение, тем серьезнее ковариация. Стандартизированный коэффициент – это коэффициент, полученный после стандартизация данных.

4. Дискуссия

4.1. Применение и недостатки SDDM

4.1.1. Применение СДДМ

Путем полевых исследований и картографических наблюдений за древними городами Сян, Сяои и Ци. города, базовая выборка данных, необходимая для создания комплексной модели (SDDM). Matlab можно использовать для написания кодов инструкций любого типа. данных по установленной индексной системе, включая различные индексные алгоритмы, вес алгоритмы расчета и кластеризации. Собрав данные в Приложении С и следуя метод расчета приведен в Приложении В, другие исторические места могут использовать SDDM для определения уровень ущерба целевому участку, что позволяет разрабатывать целевое обновление и реновацию стратегии.

4.1.2. Недостатки и направления совершенствования SDDM

1. Необходимо повысить объективность сбора данных.

В модели степени пространственного ущерба (SDDM) исторических мест отсутствуют количественные данные. поддерживать. Некоторые показатели, такие как степень повреждения элементов здания и координация степень улиц определяется субъективной оценкой; поэтому существует некоторая субъективность и неопределенность в процессе практического применения. Для повышения надежности научное доказательство модели, необходимо установить набор систематического сбора данных и методы анализа для получения более точных и объективных стандартов оценки ущерба.

2. Необходимо учитывать техническое обслуживание и ремонт.

Модель степени пространственного ущерба (SDDM) исторических мест не учитывает их содержание и восстановление. Масштаб ущерба, нанесенного историческим местам, связан не только с их прошлым ущербом, но также с их обслуживанием и восстановлением. Поэтому необходимо ввести содержание и реставрацию исторических объектов в качестве показателей оценки и объединить метод оценки наследия (ОВЗ) [63] для более комплексной оценки степени повреждения исторических объектов.

3. Необходимо разобраться с информацией и базой данных системы.

Модель пространственной степени ущерба (SDDM) исторических мест не имеет всеобъемлющей справочной базы данных для практического применения. Оценка степени ущерба историческим местам представляет собой сложный процесс, поэтому для его обоснования требуется большое количество справочных данных. Однако точность результатов оценки ограничена отсутствием подробных справочных данных в действующей модели степени повреждения исторических объектов. Поэтому одним из направлений совершенствования является создание комплексной справочной базы данных, а также сбор и сопоставление соответствующей информации об исторических объектах, обеспечение использования моделей оценки

4.2. Универсальность SDDM B

В ходе нашего исследования авторы обсуждали различную степень ущерба при выборе областей исследований. Это побудило нас выбрать в качестве примера три древних города, каждый из которых представляет собой разный уровень разрушений. Различные степени ущерба были учтены с помощью нашей тщательно разработанной системы показателей и процесса нормализации данных. Такой подход позволил нам решить присущие сложности изучения объектов со спектром серьезности повреждений: от высокого до низкого. Вот как: Оценка ущерба: Степень повреждения крыш

зданий, конструкций, стиля и формы двора может использоваться как мера физической целостности, которая является универсально применимой. Объекты в других частях мира могут иметь другие архитектурные особенности, но концепция оценки физического ущерба остается прежней.

Несоответствие и изменение. Степень несоответствия объема здания и степень изменения функции здания можно интерпретировать как меры аутентичности и непрерывности использования соответственно. Это важные соображения для любого исторического объекта, независимо от его географического положения.

Городская ткань: степень координации, непрерывности и масштаба улиц и переулков, а также степень сохранения окружающих границ можно рассматривать как меру связи объекта с городской средой. Это актуально для исторических мест, встроенных в город или поселок.

Эволюция текстуры. Степень эволюции текстуры можно использовать как показатель изменения с течением времени. В других контекстах это может интерпретироваться по-разному в зависимости от местных исторических и культурных факторов.

С точки зрения методологии кластерный анализ и проверка KNN являются обобщаемыми методами, которые можно применять в любом контексте, при условии, что собранные данные являются подходящими и достаточными. Важно подчеркнуть, что влияние нашего исследования, хотя и применимо в целом, может иметь нюансы в зависимости от конкретной степени ущерба в каждом отдельном городе [64].

4.3. Прогрессивность SDDM

Потенциал исследований по количественной оценке пространственного ущерба историческим местам заключается в их способности обеспечить комплексную и поддающуюся количественной оценке степень нанесенного ущерба. Это особенно важно, поскольку позволяет расставить приоритеты в усилиях по сохранению, а также позволяет анализировать тенденции ущерба с течением времени, что может служить основой для будущих стратегий сохранения.

По сравнению с другими методологиями в этой области, такими как технологии неразрушающего контроля, исторические записи окружающей среды (HER), оценки воздействия на наследие (HIA), информационное моделирование исторических зданий (HBIM) и мобильное зондирование толпы (MCS), пространственный ущерб количественная оценка предлагает уникальную перспективу. Хотя неразрушающий контроль, HER, HIA и HBIM дают неоценимую информацию о состоянии исторических мест и зданий, они преимущественно сосредотачиваются на отдельных случаях или конкретных аспектах сохранности. Мобильное обнару

с другой стороны, использует возможности общественности для сбора данных, но может не хватать точности и тщательности, которые может обеспечить специальный подход к измерению. Между тем, исследование пространственной количественной оценки ущерба позволяет получить более широкое и всестороннее представление об ущербе, нанесенном различным историческим местам, обеспечивая более целостную оценку.

С точки зрения обязанностей данного исследования по управлению историческими активами, территориями и объектами, они многогранны. Во-первых, предоставляя количественные данные об ущербе, это может помочь в определении приоритетности ресурсов для природоохранных усилий. Это может помочь выявить объекты, которые остро нуждаются в восстановлении или профилактических мерах, тем самым способствуя эффективному распределению ресурсов. Во-вторых, он может служить ценным инструментом для разработки политики. Анализируя тенденции и характер ущерба, политики могут сформулировать более эффективные стратегии сохранения исторических мест. Наконец, это исследование может способствовать повышению осведомленности общественности о состоянии исторических мест. Предоставляя четкие количественные данные о масштабах ущерба, он может подчеркнуть острую необходимость усилий по сохранению и способствовать более широкому участию общественности в сохранении.

4.4. Исследование факторов, влияющих на пространственный ущерб историческим

местам. Эволюция исторических и культурных пространственных форм является результатом действия нескольких субъективных и объективных факторов. В разные периоды различные динамические факторы по-разному влияют на историко-культурные пространственные формы.

4.4.1. Естественная эрозия

Естественная эрозия играет значительную роль в повреждении культурных элементов исторических мест, что включает в себя стихийные бедствия, загрязнение окружающей среды и воздействие времени. Стихийные бедствия, такие как сильный ветер и проливные дожди, могут вызвать падение черепицы и соединительных частей крыши, тем самым уменьшая водонепроницаемость крыши и вызывая протечки. С другой стороны, землетрясения могут мгновенно повредить конструкцию здания [65]. Загрязнение окружающей среды может напрямую ухудшить материальный состав культурного наследия. Например, в городских условиях загрязнители воздуха могут взаимодействовать с поверхностями зданий, что приводит к коррозии камня и металла, что, в свою очередь, портит внешний вид и структуру зданий. Старение и коррозия строительных материалов также происходят с течением времени из-за загрязнения окружающей среды [66]. Сорняки на крыше являются основным фактором, разрушающим конструкцию крыши.

В древнем городе Сян участки с наибольшей степенью повреждения крыш составляют 15% всех крыш, при этом 80% повреждений наносят сорняки. В древнем городе Сюи участки с наиболее значительными повреждениями крыши составляют 25% всех повреждений крыш, из которых 60% являются результатом естественной эрозии и 40% - результатом деятельности человека. В древнем городе Ци наиболее сильно поврежденные крыши составляют 13% всех повреждений крыш, причем 90% из них вызваны природными факторами.

4.4.2. Строительный ущерб

Аспекты человеческого развития, считающиеся положительными и прогрессивными, — строительство, культивирование и расширение — в равной степени угрожают долговечности и безопасности культурного наследия [67]. В ходе обновления города были проведены масштабные работы по сносу, реконструкции и обновлению исторических объектов для повышения имиджа города и экономической эффективности. Были предприняты усилия по увеличению использования земель и потенциала развития на земельном рынке, что привело к сносу и реконструкции исторических зданий, устаревших видов использования, которые больше не отвечают современным общественным потребностям. В результате на первоначально непрерывных улицах возникли современные здания, изменившие свою архитектурную функцию и стиль и нарушившие целостность и непрерывность этих исторических объектов. Кроме того, чтобы удовлетворить транспортные потребности и экономические интересы, многочисленные улицы в этих исторических местах, такие как главные улицы древнего города Сяня, были преобразованы в широкие прямые улицы или торговые центры. Это привело к исчезновению оригинальной зигзагообразной ткани, сделав улицы однообразными.

Более того, в условиях урбанизации резкий рост населения требует освоения новых земель и строительства новых зданий и инфраструктуры. Это часто

Более того, в условиях урбанизации резкий рост населения требует освоения новых земель и строительства новых зданий и инфраструктуры. Это часто приводит к повреждению структуры исторических объектов. Оригинальные исторические здания на Си-ян приводят к повреждению структуры исторических объектов. Древние деревянные мосты были заменены железными мостами, что разрушило ткань и стиль древнего города. В последние годы в Си-ян было снесено большое количество исторических зданий, что привело к разрушению исторического облика города. Также было снесено большое количество исторических зданий, что привело к разрушению исторического облика города. Из-за сноса исторических зданий и замены исторических зданий новыми зданиями, оригинальные здания с оригинальными характеристиками были утрачены. В западной культуре здания правительства были снесены и реконструированы, что привело к потере исторической структуры города, как показано на рисунке 5.

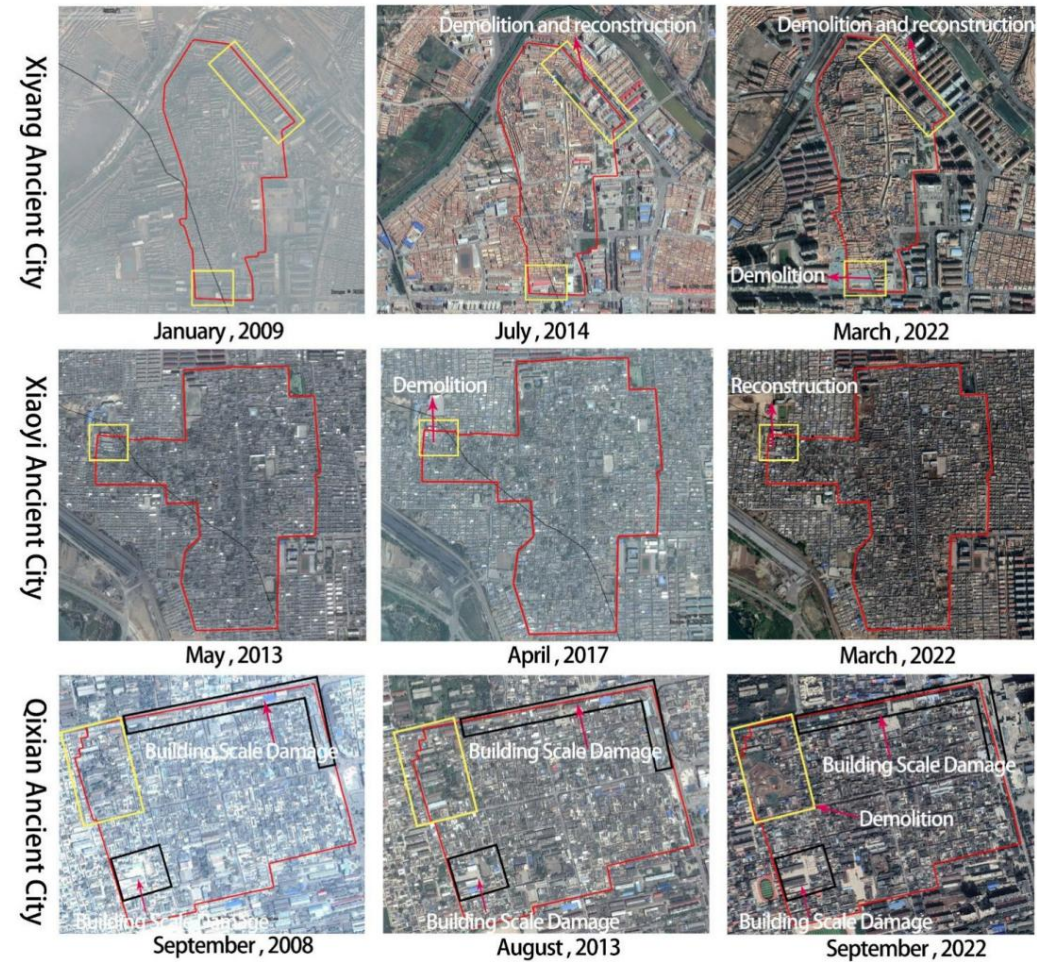


Рисунок 5. Данные анализа повреждений конструкции здания.

4.4.3. Планирование и политика

Неадекватная политика и правила вносят значительный вклад в деградацию исторических мест. Крупномасштабное обновление или реконструкция городов, часто обусловленная политикой, может привести к существенному ущербу своеобразному стилю и структуре этих сайтов. Приток туристов в связи с развитием туризма также оказывает давление на сохранение окружающей среду и здания на этих объектах. Более того, если штрафы за незаконное строительство недостаточны, или если регулирующие органы неэффективны, исторические объекты могут пострадать от необратимый ущерб. Сюда входит повреждение оригинального макета и внесение изменений в Историческая среда. Ключевые характеристики такого ущерба включают: (1) Значительный изменения в структуре исторических мест; (2) Значительный ущерб от реконструкции здания усилия по улицам; (3) Снос определенных территорий для создания общественных пространств.

5. Выводы

В ходе исследования была разработана комплексная модель, известная как Модель степени пространственного ущерба (SDDM), которая измеряет уровень пространственного ущерба историческим местам. Эта модель гениально объединяет различные методы, включая метод Дельфи, метод весов CRITIC, анализ кластеризации К-средних и метод классификации К-ближайших соседей. Чтобы исследовать факторы, способствующие пространственному ущербу исторических мест, авторы применили множественный линейный регрессионный анализ. Основные выводы, сделанные в результате этого

исследования, заключаются в следующем: 1. Разработка модели степени пространственного ущерба (SDDM) для исторических объектов представляет собой значительную инновацию в традиционных усилиях по сохранению. Эта модель не только обеспечивает точную оценку степени пространственного ущерба историческим местам, облегчая формулирование точных стратегий сохранения, но также заполняет существующий пробел в количественной оценке пространственного ущерба в этой области. Это важный шаг вперед в сохранении исторических мест, поскольку он

позволяет проводить более целенаправленные и эффективные действия по сохранению; 2.

Исследование показало, что степень пространственного ущерба имеет тенденцию быть выше на периферии и ниже в центре территории. В древнем городе Сян первый уровень повреждений составляет 7,69% от общей площади, второй уровень - 61,53%, третий уровень - 7,70%, четвертый уровень - 37,14% от общей площади соответственно. Между тем, в древнем городе Ци 50% общей площади получили повреждения первого уровня, 27,27% — второго уровня и 22,73% — четвертого уровня. В целом, Древний город Ци лучше всего сохранился и отреставрирован, а Древний город Сянь понес наибольший ущерб.

При выборе территории исследования учитывалась разная степень повреждения фундамента. Включение этих основ в разработку системы показателей и последующая стандартизация показателей позволяет смягчить различия в исходном качестве выборочной территории. Таким образом, модель SDDM имеет универсальную применимость. Однако следует отметить, что, хотя наша модель исследования в целом применима, она может потребовать корректировок в зависимости от конкретной степени ущерба в каждом городе. Таким образом, в процессе применения модель может быть модифицирована путем корректировки системы показателей и других методов по мере необходимости;

3. На степень пространственного ущерба историческим объектам влияет совокупное взаимодействие множества факторов, включая естественную эрозию, строительные повреждения, а также вопросы планирования и политики. Естественная эрозия включает в себя такие элементы, как стихийные бедствия, загрязнение окружающей среды и износ времени, и ее воздействие на исторические места является объективной реальностью. Ущерб, причиненный строительством, вызван главным образом недостаточной осведомленностью жителей и ненадлежащей практикой обновления городов, что делает этот вопрос субъективным. Неадекватное планирование и отсутствие политики существенно влияют на пространственный ущерб историческим местам, поскольку эти факторы определяют приверженность и легитимность усилий по сохранению этих объектов. Это

основные области, которые требуют улучшения в будущем; 4. Применение SDDM можно расширить за счет ре

(1) Подробные инструкции для каждого шага. Расширьте использование SDDM, предоставив подробное руководство для каждого шага. В этом исследовании предлагаются определения и методологии расчета для каждого показателя, а также примеры таблиц для сбора и упорядочения данных (например, Приложения B и C), которые могут существенно помочь пользователям в сборе данных. Кроме того, в статье описывается процесс использования кластерного анализа и способы определения значений К (правило локтя). (2) Разработка и уточнение руководящих принципов корректировки показателей: В будущем может быть включено создание руководящих принципов корректировки показателей. При этом могут учитываться различные факторы, такие как условия окружающей среды, местные правила или участие сообщества [68]. Следовательно, система показателей может быть модифицирована с учетом конкретных исторических мест. (3) Диверсификация модели: Рассмотрите возможность интеграции SDDM с другими моделями оценки (напри

модели оценки экосистемных услуг, модели оценки ценности ландшафта и т. д.), чтобы создать более полную и разнообразную систему оценки. Это может повысить универсальность и применимость модели. (4) Разработка онлайн-инструментов. Создание онлайн-инструментов или мобильных приложений могло бы сделать SDDM более доступным для принятия и использования общественностью. Это не только делает модель более доступной, но и способствует ее широкому использованию для оценки исторических объектов.

Вклад авторов: Все авторы внесли свой вклад в подготовку статьи. WH предложил идею этой статьи и отвечал за ее рецензирование и редактирование. БЖ отвечал за написание и анализ данных. Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Финансирование: Это исследование было поддержано Исследованием характеристик и методов защиты от солевой эрозии и болезней, вызванных погодными условиями, в городских стенах династий Северный Цзинь и Мин, Генеральным проектом естественных наук провинции Шаньси (номер гранта: 202203021211171) и Исследованием по Реформа преподавания сельского планирования на фоне национального пространственного планирования (номер гранта: J20230180).

Заявление о доступности данных: данные, представленные в этом исследовании, доступны по запросу у соответствующего автора. Данные не являются общедоступными из-за опасений относительно конфиденциальности отдельных участников и конфиденциального характера данных исследования. Все запросы на данные будут подлежать этической проверке, чтобы гарантировать сохранение конфиденциальности участников и соответствие использования данных этическим принципам исследований.

Конфликты интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Приложение

Таблица A1. Образец формы оценки эксперта.

Важность Счет	Очень Важный	Важный	Нейтральный	Неважно	Очень Неважно
	5	4	3	2	1
Степень повреждения крыши здания					
Степень повреждения элементов здания					
Скорость изменения функции здания					
Коэффициент противоречий в размерах здания					
Степень повреждения конструкции здания					
Степень повреждения дворовой формы					
Степень повреждения от уличных масштабов					
Координация улиц					
Непрерывность улицы					
Ограждающая граничная живучесть					
Степень эволюции ткани					
Примечание					

Приложение Б

Таблица А2. Метод расчета и значение показателей.

Индекс Классификация	Элемент Атрибуты	Имя индекса	Определение индекса	Символический Представительство и Метод расчета	Индексная аннотация
Статический индекс	Здания (Узел)	Степень повреждения крыши здания	Степень повреждения крыши здания	$PF = \sum_{i=1}^3 \frac{NRI}{NA \cdot wi}$	NRI – количество крыш с разной степенью повреждения, NA – общее количество крыш на участке, wi – масса крыш с разной степенью повреждения.
		Степень повреждения конструкции здания	Доля количества зданий с конструктивными повреждениями в общем количестве зданий	$Sd = \frac{HPD}{NA}$	NSD – общее количество зданий с структурными повреждениями на участке, NA – общее количество крыш на участке.
		Степень повреждения элементов здания	Взвешенное суммирование доли площади зданий разных стилей и особенностей к общей площади застройки всего участка.	$AP = \sum_{i=1}^5 \frac{SPi}{SA \cdot wi}$	SPii — базовая площадь зданий с различными характеристиками, SA — общая базовая площадь зданий на участке, wi — вес зданий разных стилей и характеристик.
		Скорость изменения функции здания	Доля зданий с измененными функциями в общем количестве зданий	$Fc = \frac{NFC}{NA}$	NFC – общее количество зданий с функциональными изменениями на участке, NA – общее количество зданий на участке.
		Коэффициент противоречий в размерах здания	Доля нескоординированной площади здания в общей площади здания	$VD = \frac{CBV}{CA}$	SVD – общая площадь основания зданий с непостоянным объемом, SA – общая площадь основания зданий на участке.
	Двор (Узел)	Степень повреждения дворовой формы	Доля дворов разной степени обрушения в общем количестве дворов	$YD = \sum_{i=1}^5 \frac{N}{N_{iHET} \cdot vi}$	NYi – количество поврежденных дворов i-й категории, NAY – общее количество дворов, wi – масса дворов с различной степенью повреждения.
		Степень повреждения от уличных масштабов	Абсолютное значение разницы между соотношением ширины и высоты главных улиц и историческими стандартными значениями улиц.	$LS = Di/Hi - RS $	Di/Hi — соотношение сторон главных улиц и переулков на i-м участке, RS — стандартное соотношение сторон исторических улиц и переулков.
		Координация улиц	Степень согласованности главных уличных и переулков фасадов по стилю и внешнему виду.	$Cdi = \{1, 2, 3, 4, 5\}$	Cdi – степень согласованности фасадного стиля главных улиц и переулков i-го участка.
	Уличная система (Путь)	Непрерывность улицы	Адгезия резьбы Main Street ставка	$TAR = L / Si \cdot Ki$	Si — проектируемая длина линии законного отступа i-го дома от красной линии улиц и переулков; Ki — минимальное разрешенное расстояние между красными линиями улиц и переулков в i-м доме; L – длина осевой линии улицы и переулка.
		Ограждающая границная живучесть	Сравнивая исторические данные, остатки подлинных городских стен, зеленых поясов, рек и других окружающих границ квартала.	$Bsi = \{1, 2, 3, 4, 5\}$	Bsi — оставшееся положение границы i-го участка.
Динамический индекс	Эволюция (Округ)	Степень архитектурной эволюции	Сравните исторические постройки участка по историческим данным, наложите их на нынешние исторические постройки и определите степень сохранности исторических построек.	$AE = \sum_{i=1}^H \frac{SANi}{\sum_{j=1}^M SAPj}$	SANI — текущая базовая площадь здания на участке; SAPj – это базовая территория исторических зданий на участке.
		Степень эволюции улицы	Сравните систему дорожной сети участка в исторических данных, наложите ее на действующую дорожную сеть и определите степень сохранности исторической дорожной сети.	$YOE = \sum_{i=1}^H \frac{SNIi}{\sum_{j=1}^M SPj}$	SNI – текущая площадь улиц и переулков на участке; SPj – площадь прошлых улиц и переулков на участке.
		Степень эволюции ткани	Сумма архитектурной эволюции и эволюции улиц.	$TE = AE - 1 + CE - 1 $	AE – степень архитектурной эволюции; SE – степень эволюции улиц.

Приложение С

Таблица А3. Пример таблицы сбора данных.

Общее количество дворов		
Общее количество зданий		
Эволюция ткани	Эволюция улицы	
	Эволюция зданий	
Ограждающая граничная живучесть	Счет	
Непрерывность улицы	Счет	
Координация улиц	Счет	
Уличный масштаб	Счет	
Форма двора	Счет	
	Вес 0/4	1
	Масса	3
	1/4	
	Вес 2/4	5
	Масса	7
	3/4	
	Вес 4/4	9
Объем здания	Счет	
Строительная функция	Счет	
Особенность здания	Счет	
	Масса	1
	Бедный	
	Масса	3
	Средний	
	Масса	5
	Средний	
	Масса	7
	Хороший	
	Масса	9
Строительная конструкция	Отличный	
	Счет	
	Счет	
	Масса	3
	Доля ветхих крыш	
	Масса	6
	Доля неповрежденных крыш в жилых домах	
	Масса	9
	Доля неповрежденных крыш древних зданий	

Рекомендации

1. Генеральная Ассамблея ООН. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года; Генеральная Ассамблея ООН : Нью-Йорк, штат Нью-Йорк, США, 2015 г.
2. Глендиннинг, М. Движение за сохранение архитектуры: история сохранения архитектуры: от древности до современности; Рутледж: Лондон, Великобритания, 2013.
3. Хартия V. Международная хартия по сохранению и реставрации памятников и объектов (ИКОМОС). В материалах 2-го Международного конгресса архитекторов и техников исторических памятников, Венеция, Италия, 25–31 мая 1964 г.
4. ИКОМОС. Хартия сохранения исторических городов и городских территорий; ИКОМОС: Вашингтон, округ Колумбия, США, 1987.
5. Бонацца, А.; Сарделла, А. Изменение климата и культурное наследие: методы и подходы к оценке ущерба и рисков Адресовано практическому применению. Наследие 2023, 6, 3578–3589. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
6. Мейер, Д.; Хесс, М.; Ло, Э.; Виттих, СЕ; Хатчинсон, Калифорния; Кустер, Ф. Оценка объектов культурного наследия после землетрясения в Южной Напе в 2014 году с помощью БПЛА . В материалах 2015 Digital Heritage, Гранада, Испания, 28 сентября – 2 октября 2015 г.; стр. 421–424.
7. Салазар, LGF; Роман, Х.; Пауперио, Э. Обзор индикаторов уязвимости для оценки пожарного риска в культурном наследии. Межд. Дж. Снижение риска стихийных бедствий. 2021, 60, 102286. [\[CrossRef\]](#)
8. Стейн, Г.Дж. Разрушенное войной культурное наследие Афганистана: обзор проектов по оценке, смягчению последствий и сохранению. Ближний Восток. Археол. 2015, 78, 187–195. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
9. Исахан Б. Создание базы данных об уничтожении культурных ценностей Ирака: расчет индекса разрушения наследия. Межд. Дж. Херит. Стад. 2015, 21, 1–21. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
10. Вецвагарс, К. Оценка ущерба и потерь культурных ценностей после стихийного бедствия: концептуальный документ и варианты исследования; ЭКЛАК: Сантьяго, Чили, 2006 г.
11. Вафадари А.; Филип, Г.; Дженнингс, Р. Оценка ущерба и мониторинг объектов культурного наследия в случае стихийного бедствия и после него – пример Сирии. Межд. Арх. Фотограмма. Дистанционный датчик. Инф. наук. 2017, 42, 695–701. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
12. Караташ, Л.; Тест.; Альптекин А.; Даль, М.; Якар, М. Систематический метод оценки ущерба после землетрясения: пример замка Антеп, Турция. Адв. англ. наук. 2023, 3, 62–71.
13. Тапете, Д.; Сигна, Ф. Тенденции и перспективы космического дистанционного зондирования SAR археологических и культурных ландшафтов. заявля на наследие. Дж. Археол. наук. Республика 2017, 14, 716–726. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
14. Ло, Л.; Ван, Х.; Го, Х.; Ласапонара, Р.; Корабль.; Бачага, Н.; Ли, Л.; Яо, Ю.; Масини, Н.; Чен, Ф. Google Earth как мощный инструмент для археологического и культурного наследия: обзор. Remote Sens. 2018, 10, 1558. [\[CrossRef\]](#)
15. Баранвал, Э.; Сет, П.; Панде, Х.; Рагхавендра, С.; Кушваха С. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для оценки ущерба памятнику культурного наследия. В материалах UASG 2019: Беспилотная авиационная система в геоматике, Рурки, Индия, 6–7 апреля 2019 г.; стр. 123–131.
16. Серра, Д.; Планк, С.; Лисандру, В.; Тиан, Дж. Объекты культурного наследия в опасности. На пути к автоматическому обнаружению повреждений из космоса. Remote Sens. 2016, 8, 781. [\[CrossRef\]](#)
17. Рандаццо, Л.; Коллина, М.; Рикка, М.; Барбьеры, Л.; Бруно, Ф.; Аркуди, А.; Ла Русса, М.Ф. Показатели повреждения и фотограмметрия для оценки разрушения каменного культурного наследия: исследование главного входного портала церкви Сан-Доменико (Южная Калабрия, Италия). Устойчивое развитие 2020, 12, 5198. [\[CrossRef\]](#)
18. Ромао, Х.; Пауперио, Э.Дж. Индикатор оценки экономических потерь от воздействия на культурное наследие после стихийного бедствия. Межд. Дж. Архит. Херит. 2021, 15, 678–697. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
19. Чжан Ю.; Зонг, Р.; Коу, З.; Шан, Л.; Ван, Д. Коллаблери: система сотрудничества с толпой и искусственным интеллектом, учитывающая неопределенность, для культурных оценка ущерба наследию. IEEE Транс. Вычислитель. Соц. Сист. 2021, 9, 1515–1529. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
20. Диз-Мелладо, Э.; Маскорт-Альбеа, Э.Дж.; Ромеро-Эрнандес, Р.; Галан-Марин, К.; Ривера-Гомес, К.; Руис-Харамильо, Дж.; Харамильо-Морилья, А. Интегрированная процедура неразрушающего контроля и метода конечных элементов для диагностики наследия: тематическое исследование Севильского собора. Дж. Билд. англ. 2021, 37, 102134. [\[CrossRef\]](#)
21. Техедор, Б.; Лукки, Э.; Бьенвенидо-Уэртас, Д.; Нарди, И. Неразрушающие методы (НК) диагностики зданий наследия: Традиционные процедуры и перспективы будущего. Энергетическая постройка. 2022, 263, 112029. [\[CrossRef\]](#)
22. Гил, Э.; Мас, А.; Лерма, К.; Торнер, Мэн; Верчер, Дж. Методики неразрушающего обнаружения древних предметов. конструкции под историческими зданиями. Межд. Дж. Архит. Херит. 2021, 15, 1457–1473. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
23. Пехливан Г.Ф. Анализ культурного наследия неразрушающими методами: на примере Музея Конгресса Сиваса. Архит. Городской План. 2023, 19, 1–16. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
24. Исик, Н.; Халифео Оглу, FM; Ипек, С. Методы неразрушающего контроля для оценки структурных повреждений исторических городских стен. Констр. Строить. Матер. 2020, 253, 119228. [\[CrossRef\]](#)
25. Аккардо, Г.; Джани, Э.; Джованьоли, А. Карта рисков итальянского культурного наследия. Дж. Архит. Консервировать. 2003, 9, 41–57. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
26. Ли, К.; Лю, М.; Сонг, Дж.; Ду, Ю.; Гао Ф. Карта рисков межрегионального культурного наследия: с точки зрения медленной деградации. Устойчивое развитие 2022, 14, 13827. [\[CrossRef\]](#)
27. Ван, Н.; Чжао, Х.; Ван, Л.; Цзоу, З. Новая система быстрого расследования и обнаружения ущерба при сохранении культурного наследия. на основе глубокого обучения. Дж. Инфраструктура. Сист. 2019, 25, 04019020. [\[CrossRef\]](#)

28. Ашрафи, Б.; Нойгебауэр, К.; Клоос, М.Дж.С. Концептуальная основа оценки воздействия на наследие: обзор и перспективы. *Устойчивое развитие* 2021, 14, 27. [\[CrossRef\]](#)
29. Кукко, П. Оценка воздействия на наследие в ЮНЕСКО WHS. Подход к оценке антропогенных изменений фасадов традиционных зданий. В переходный период: проблемы и возможности для создания наследия; EdicomEdizione: Милан, Италия, 2023 г.; стр. 177–192.
30. Агапиу, А.; Лисандру, В.; Фемистоклеус, К.; Хаджимицис, генеральный директор Оценка рисков кластеров объектов культурного наследия с использованием спутников изображения и ГИС: пример района Пафоса, Кипр. *Нат. Опасности* 2016, 83, 5–20. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
31. Джбур, Нью-Хэмпшир; Белхи, А.; Аль-Али, АК; Бурас, А.; Джауа, А. На пути к созданию структуры визуального культурного наследия. В материалах Иорданской международной совместной конференции IEEE по электротехнике и информационным технологиям (JEET) 2019 г., Амман, Иордания, 9–11 апреля 2019 г.; стр. 602–607.
32. Цзян, Л.; Ван, С.; Солнце, З.; Чен, К.; Чжао, Ю.; Су, Ю.; Коу, Ю. Пространственное разграничение зоны Великой китайской стены в масштабе субводораздела: А Совместная перспектива экологии и наследия. *Устойчивое развитие* 2022, 14, 13836. [\[CrossRef\]](#)
33. Солла, М.; Гонсалвес, LM; Гонсалвес, Г.; Франциско, К.; Пуэнте, И.; Провиденсия, П.; Гаспар, Ф.; Родригес, Х. Подход к информационному моделированию зданий для интеграции геоматических данных для документирования и сохранения культурного наследия. *Remote Sens.* 2020, 12, 4028. [\[CrossRef\]](#)
34. Хо, З. Правовая защита культурного наследия в Китае: задача сохранить историю. *Межд. Дж. Культ. Политика* 2016, 22, 497–515. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
35. Рао, К. Новая парадигма идентификации, номинирования и включения объектов в Список всемирного наследия. *Межд. Дж. Херит. Стад.* 2010, 16, 161–172. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
36. Ву Х. Система оценки формальной ценности исторических районов: в качестве примера возьмем основные исторические районы Гуанчжоу, Фошань и Чжаоцин. Магистерская диссертация, Южно-Китайский технологический университет, Гуанчжоу, Китай, 2014 г.
37. Ли, Дж.Л.; Чу, Дж.Л.; Чжао, З.Ю. Исследование пути активации традиционных поселений на основе познания особенностей и ценности Оценка: на примере Древнего Хуэйчжоу. *Мод. Городской Рес.* 2019, 4, 121–131.
38. Лю, Ю.; Луо, Х.; Он, ZJ Исследование оценки ценности традиционных улиц и пространств переулков: взятие старой улицы Шанькоу в Уезд Сюшуй как пример. *Дев. Малые города Города* 2019, 37, 83–89.
39. Ченг, М. Исследование системы индексов оценки традиционных деревень на провинциальном уровне в провинции Цзянси. Магистр Диссертация, Педагогический университет Цзянси, Наньчан, Китай, 2016 г.
40. Линч, К. Образ города; MIT Press: Кембридж, Массачусетс, США, 1962.
41. Ли, Дж.В.; Ли, К. Исследование комплексных оценок и исторических блоков в малых и средних городах северо-восточного региона - тематическое исследование на дороге Туо Хуан Нью, Анда. *Прил. Мех. Матер.* 2012, 209, 41–44. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
42. Бандарин Ф.; Ван Орс, Р. Исторический городской ландшафт: управление наследием в городской век; John Wiley & Sons: Хобокен, Нью-Джерси, США, 2012.
43. Ли, С.; Драгичевич, С.; Кастро, ФА; Сестер, М.; Зима, С.; Колтекин А.; Петтит, К.; Цзян, Б.; Хаворт, Дж.; Штейн, А.; и другие. Теория и методы обработки больших геопространственных данных: обзор и проблемы исследования. *ISPRS J. Фотограмма. Дистанционное зондирование* 2016, 115, 119–133. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
44. Юань, Ю.; Раубаль, М.; Лю, Ю. Взаимосвязь использования мобильных телефонов и поведения в поездках – пример Харбина, Китай. Вычислить. Окружающая среда. *Городская система.* 2012, 36, 118–130. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
45. Фейлден, Б.М.; Джокилехто, Дж. Рекомендации по управлению объектами всемирного культурного наследия. *Хист. Проблемы городов. Сохранение городов.* 2019, 8, 425.
46. Ян Дж.; Ты, Ю.; Йе, Х.; Лин, Дж. Оценка риска объектов культурного наследия на основе ДЗ и ГИС – на примере укрепленных поместий Юнтай В качестве примера. *Межд. J. Снижение риска стихийных бедствий.* 2023, 88, 103593. [\[CrossRef\]](#)
47. Самедзадеган Ф.; Дадрасс Джаван, Ф.; Зейналпур Асл, М. 3D-моделирование архитектурного наследия с использованием беспилотных летательных аппаратов. многопроекционная визуализация. *Межд. Арх. Фотограмма. Дистанционный датчик. Инф. наук.* 2023, 48, 1395–1402. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
48. Мехта, С.; Кукрея, В.; Гупта, А. Исследование эффективности моделей CNN и SVM для автоматической классификации серьезности повреждений в исторических зданиях. В материалах Второй международной конференции по дополненному интеллекту и устойчивым системам (ICAIS) 2023 г., Тричи, Индия, 23–25 августа 2023 г.; стр. 252–257.
49. Жижович, М.; Милькович, Б.; Маринкович, Д. Объективные методы определения весовых коэффициентов критериев: модификация метод критики. *Рецис. Мак. Прил. Менеджер. англ.* 2020, 3, 149–161. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
50. Макферсон, С.; Риз, К.; Вендлер, МС Обновление методологии: исследования Delphi. *Нурс. Рез.* 2018, 67, 404–410. [\[Перекрестная ссылка\]](#) [\[ПабМед\]](#)
51. Джайн, А.К. Кластеризация данных: 50 лет за пределами К-средних. Распознавание образов. *Летт.* 2010, 31, 651–666. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
52. Ллойд, С. Квантование по методу наименьших квадратов в РСМ. *IEEE Транс. Инф. Теория* 1982, 28, 129–137. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
53. Узкатеги-Салазар, М.; Лилло, Дж. Новый подход к оценке уязвимости водоносных горизонтов к загрязнению с использованием анализа К-средних. *Окружающая среда. Науки о Земле.* 2022, 81, 495. [\[CrossRef\]](#)
54. Петерсон Л.Е. К-ближайший сосед. *Scholarpedia* 2009, 4, 1883. [\[CrossRef\]](#)
55. Даниэльссон, П.-Э. Евклидово отображение расстояний. Вычислить. График. Процесс изображения. 1980, 14, 227–248. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
56. Синвар, Д.; Кошик, Р. Исследование метрик евклидовых и манхэттенских расстояний с использованием простой кластеризации k-средних. *Межд. Дж. Рез. Прил. наук. англ. Технол.* 2014, 2, 270–274.
57. Гроенен, П.Дж.; Яджуга, К. Нечеткая кластеризация с квадратом расстояний Минковского. Система нечетких множеств. 2001, 120, 227–237. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
58. Дрейпер, НР; Смит, Х. Прикладной регрессионный анализ; John Wiley & Sons: Хобокен, Нью-Джерси, США, 1998 г.; Том 326.

59. Кулько, PJEEDA Dalla Conservazione Integrata di Amsterdam (1975) «Комплексный подход к культурному наследию» (2020). Новый перспективный сценарий глобального развития. *Esempi Di Archit.* 2020, 2, 1–10.
60. Сяокуй, Д. Исследование охранной зоны историко-культурных кварталов в городе Ханьчжун. Магистерская диссертация, Сианьский университет Архитектура и технологии, Сиань, Китай, 2015.
61. Чен, Х.; Су, К.; Пэн, Л.; Большой.; Чжоу, Л.; Ян, К. Смешанные уровни землепользования в сельских поселениях и факторы, влияющие на них: пример деревни Пинба в Чунцине, Китай. *Межд. Дж. Энвайрон. Рез. Общественное здравоохранение* 2022, 19, 5845. [\[CrossRef\]](#) [\[ПабМед\]](#)
62. Мурта, Ф.; Хек, А. Многомерный анализ данных; Springer Science & Business Media: Дордрехт, Нидерланды, 2012 г.; Объем 131.
63. Сейедашрафи, Б.; Раванка, М.; Вайднер, С.; Шмидт, М. Применение оценки воздействия наследия на городское развитие: мир Наследие Масджед-э-Джаме в Исфахане в Иране. *Поддерживать. Города Соц.* 2017, 31, 213–224. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
64. Ашрафи, Б.; Клоос, М.; Нойгебауэр, К. Оценка воздействия на наследие, помимо инструмента оценки: сравнительный анализ воздействия городского развития на визуальную целостность четырех объектов всемирного наследия ЮНЕСКО. *Дж. Культ. Херит.* 2021, 47, 199–207. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
65. Веттимуни, МЛ; Личелли, М. Сохранение и восстановление наследия: характеристика поверхности, очистка и обработка. *Покрытия* 2023, 13, 457. [\[CrossRef\]](#)
66. Богдан А.; Чамбре, Д.; Кополовичи, ДМ; Бунгау, Т.; Бунгау, СС; Кополовичи, Л. Сохранение объектов наследия в процессе устойчивого городского развития: пример средневекового города Брашов, Румыния. *Устойчивое развитие* 2022, 14, 6959. [\[CrossRef\]](#)
67. аль-Худалия, Ш.Х.; Саудерс, Р.Р. Разрушение зданий: последствия растущей урбанизации для культурного наследия в провинции Рамаллах. *Межд. Дж. Культ. Предложение* 2009, 16, 1–23. [\[Перекрестная ссылка\]](#)
68. Кулько, П.; Маселли, Г.; Нестико, А.; Рибера, Ф. Модель оценки адаптивного повторного использования культурного наследия в соответствии с ЦУР 2030 года и Европейскими принципами качества. *Дж. Культ. Херит.* 2023, 59, 202–216. [\[Перекрестная ссылка\]](#)

Отказ от ответственности/Примечание издателя: Заявления, мнения и данные, содержащиеся во всех публикациях, принадлежат исключительно отдельному автору(ам) и участникам(ам), а не MDPI и/или редактору(ам). MDPI и/или редактор(ы) не несут ответственности за любой вред людям или имуществу, возникший в результате любых идей, методов, инструкций или продуктов, упомянутых в контенте.