

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ И ТУРИЗМ

Научная статья

УДК 911.5:528.8:004.94(470)

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161

EDN: ZAYBFL



**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ ДОЛЬМЕННОЙ КУЛЬТУРЫ
НА ТЕРРИТОРИИ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ И СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА
ШАПСУГСКОГО ДОЛЬМЕНА**

Татьяна Александровна Волкова¹, Арсен Ваагнович Карагян, Вера Владимировна Миненкова, Марина Викторовна Кузякина, Арсений Алексеевич Ряскин

Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия

¹ mist-next4@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования пространственного распространения объектов дольменной культуры на территории Краснодарского края и первого этапа работы по созданию цифрового двойника объекта культурного наследия – Шапсугского дольмена. Цель исследования: проанализировать пространственное размещение мегалитических памятников и апробировать методику создания их цифровых моделей. Методы исследования. В основу исследования положен картографический анализ, позволивший выявить пространственное распределение объектов дольменной культуры. Для этого были использованы данные из перечня выявленных объектов культурного наследия региона. Создание цифровой копии объекта культурного наследия реализовано посредством современных технологий цифрового моделирования. Ключевым методом стала фотограмметрия, обеспечивающая высокоточное воспроизведение геометрических характеристик объекта. Результатами стало то, что геопространственное исследование выявило существенные различия в плотности размещения археологических объектов, при этом максимальная концентрация памятников отмечена в пределах определенных территориальных образований: сельского поселения Возрождение, станичного поселения Пшада, городского округа Туапсе и курортного поселка Лазаревское. В результате работы впервые была построена высокоточная трехмерная модель Шапсугского дольмена. Физические размеры модели соответствуют реальным параметрам объекта: 2,5x2,5x1,6 м. Выводы. Установлено, что районы с высокой плотностью дольменов характеризуются потенциалом для развития туризма. Успешная оцифровка Шапсугского дольмена открывает перспективы для создания цифровых двойников других объектов культурного наследия. Использованная методика демонстрирует высокую эффективность цифрового моделирования объектов культурного наследия и может быть успешно масштабирована для создания виртуальных копий других исторических памятников.

Ключевые слова: цифровые копии, дольменная культура, цифровые двойники, фотограмметрия, объекты культурного наследия, 3D-моделирование, лазерное сканирование, текстурирование, полигональные модели, виртуальный туризм, культурно-историческое наследие, цифровое сохранение памятников

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/200.

Для цитирования: Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А. Пространственное распределение объектов дольменной культуры на территории Краснодарского края и создание цифрового двойника Шапсугского дольмена // Географический вестник = Geographical bulletin. 2025. № 4(75). С. 153–161. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161 EDN: ZAYBFL

RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Original article

DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161

EDN: ZAYBFL

**THE SPATIAL DISTRIBUTION OF DOLMEN CULTURE SITES IN THE KRASNODAR TERRITORY
AND THE CREATION OF A DIGITAL TWIN OF THE SHAPSUG DOLMEN**

Tatiana A. Volkova¹, Arsen V. Karagyan, Vera V. Minenkova, Marina V. Kuzyakina, Arseny A. Ryaskin

Kuban State University, Krasnodar, Russia

¹ mist-next4@inbox.ru

Abstract. The article presents the results of a study on the spatial distribution of dolmen culture sites in the Krasnodar Territory as well as the first stage of work on creating a digital twin of the Shapsug Dolmen cultural heritage site.



© 2025 Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А. Лицензировано по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите сайт <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

The research aims to analyze the spatial arrangement of megalithic monuments and test the methodology for creating their digital models. Methodologically, the study is based on a cartographic analysis, performed to identify the spatial distribution of dolmen objects. For this purpose, the authors used data from the List of the identified cultural heritage sites of the region. A digital replica of the cultural heritage site was created by means of modern digital modeling technologies. Photogrammetry was a key method employed: it provides highly accurate reproduction of geometric characteristics of an object. Geospatial research revealed significant differences in the spatial density of the archaeological sites. The maximum concentration of monuments was noted within certain territorial entities: the rural settlement of Vozrozhdenie, the stanitsa settlement of Pshada, the Tuapse urban district, and the resort village of Lazarevskoye. As a result of the work, a high-precision three-dimensional model of the Shapsug Dolmen has been built. The physical dimensions of the model correspond to the real parameters of the object, measuring 2.5 m in length, 2.5 m in width, and 1.6 m in height. The study has found that areas with a high spatial density of dolmens have a potential for intensive tourism development. The successful digitization of the Shapsug Dolmen opens up prospects for creating digital twins of other cultural heritage sites. The technique used in this study demonstrates a high efficiency of digital modeling for cultural heritage sites and could be successfully applied to create virtual replicas of other historical monuments.

Keywords: digital replicas, dolmen culture, digital twins, photogrammetry, cultural heritage sites, 3D modeling, laser scanning, texturing, polygonal models, virtual tourism, cultural and historical heritage, digital preservation of monuments

Funding: the research was carried out with the financial support from the Kuban Science Foundation in the framework of the scientific and innovation project No. NIP-20.1/200.

For citation: Volkova, T.A., Karagyan, A.V., Minenkova, V.V., Kuzyakina, M.V., Ryaskin, A.A. (2025) The spatial distribution of dolmen culture sites in the Krasnodar Territory and the creation of a digital twin of the Shapsug Dolmen. *Geographical Bulletin*. No. 4(75). Pp. 153–161. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-4-153-161 EDN: ZAYBFL

Введение

В процессе развития сферы туризма и отдыха на территории региона происходит активизация процесса включения археологических объектов туристскую деятельность. Одним из сопутствующих процессов является модернизация транспортной и пешеходной инфраструктуры, обеспечивающей доступность исторических и культурных памятников, а также меняется их интеграция в общую туристическую инфраструктуру региона. Современный период цифровизации пространства диктует определенные требования для многих сфер жизни, и сфера туризма не является исключением. Основными трендами в указанной сфере является цифровизация содержания (создание цифрового информационного контента, цифровых информационных аншлагов, цифровых экскурсий), цифровизация пространства (создание цифровых копий и цифровых двойников, включение туристских пространств в систему умный город), внедрение искусственного интеллекта в процессную составляющую туризма (боты-навигаторы, умные маршруты, мультимодальность) и т.п. Краснодарский край как регион с исторически сложившейся туристской специализацией во многом остается одним из передовых регионов тестирования новых технологий в сфере туризма. При этом нельзя сказать, что на территории региона существуют проекты с четкой туристской специализацией, нацеленные на формирование единой цифровой среды туризма в регионе. Понимая сложность и многоаспектность этой работы, научный коллектив Кубанского государственного университета предпринял попытку формирования цифрового туристского пространства. В это пространство включены 15 цифровых моделей объектов туристского интереса и 5 виртуальных туров. Одним из таких объектов стал Шапсугский дольмен – одно из многих мегалитических сооружений, которое включено в перечень объектов культурного значения Краснодарского края.

Терминологическая единица «мегалит» была введена в научный лексикон в 1867 г. на основании предложения британского исследователя А. Херберта. Археологические исследования свидетельствуют, что некогда на территории Западного Кавказа функционировало порядка 1500 мегалитических сооружений типа дольменов. До нашего времени удалось сохраниться приблизительно 180 подобным конструкциям. Территориальное размещение данных археологических объектов охватывает значительную часть современной территории Краснодарского края, формируя протяженную зону от Таманского полуострова до государственной границы между Российской Федерацией и Абхазией. Часто дольмены располагаются группами недалеко друг от друга. Основной проблемой в процессе проведения исследования пространственного распространения мегалитических конструкций дольменного типа становится точность определения местоположения конкретных объектов, включенных в перечень. Описания различных объектов рознятся, определение точного местоположения объектов весьма затруднительно. При этом часть дольменов (отличающиеся доступностью) активно используется в туристской деятельности. Включение памятников археологии в активную туристско-рекреационную деятельность сопряжено с некоторыми проблемами, касающимися в первую очередь самих мегалитических сооружений. В частности, встают вопросы сохранения объектов культурно-исторического наследия, объективного информационного сопровождения.

Научный коллектив Института географии, геологии, туризма и сервиса Кубанского государственного университета работает над созданием геопортала, который будет включать достоверную информацию о расположении объектов туристского интереса и объектов культурного наследия Краснодарского края, объективное описание приведенных объектов и их цифровые модели. Исследование всего перечня дольменов, входящих в перечень

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

объектов Культурного наследия Краснодарского края, не является целью проекта, поэтому цифровая копия была создана для одного дольмена из всего перечня. При этом следует учесть, что база данных геопортала в будущем будет дополняться и расширяться, что позволит включить большее количество дольменов, а также планируется серия повторных съемок каждого объекта, что даст возможность создать цифровых двойников каждого объекта. Если говорить более подробно об указанном геопортале, следует упомянуть, что в процессе подготовки исполнителями проекта был проанализирован весь перечень объектов культурного наследия региона, из этого перечня методом критериального анализа были отобраны объекты для проведения первичной съемки и создания базовых цифровых моделей, которые послужат основой для цифровых двойников. При этом научный коллектив столкнулся с определенными сложностями в процессе оцифровки объектов, связанными с запретом запуска БПЛА. Съемка крупных, высоких объектов стала практически неосуществимой, и ее результаты не позволяли корректно «собрать» модель объекта.

Первые цифровые двойники объектов культурного наследия появились относительно недавно. Активизация этого процесса способствовало развитие технологий лазерного сканирования и трехмерного моделирования. Эти инновационные подходы обеспечивают возможность формирования высокоточных виртуальных двойников физических объектов, открывая перспективы для их консервации и восстановления. Ожидается, что цифровые аналоги будут все шире использоваться в сфере охраны культурного достояния в ближайшие годы. За последние пять лет технологии создания цифровых двойников стремительно проникли в культурную и археологическую сферы. Цифровые дубликаты объектов культурного наследия играют значимую роль в процессе сохранения и реставрации исторических объектов [9]. В развитии туризма цифровые двойники также играют значительную роль, предоставляя туристам возможность виртуально посетить и изучить исторические места, что способствует увеличению интереса к культурному наследию и развитию туристической индустрии. Создание цифровых двойников для объектов туристского интереса способствует повышению привлекательности территории, предоставляя туристам возможность виртуального посещения и изучения исторических мест, помогает в планировании реставрационных работ и обеспечивают доступ к культурному наследию для широкой аудитории. Интеграция цифровых двойников в виртуальные туры помогает в продвижении туристских дестинаций в целом и отдельных туристских маршрутов в частности. Эти технологии позволяют туристам виртуально посещать и изучать исторические места, что способствует увеличению интереса к культурному наследию и развитию туристической индустрии [1].

Следует еще раз обратить внимание, что на данном этапе работы была создана первая так называемая «базовая» цифровая модель Шапсугского дольмена. Для того чтобы цифровая модель объекта стала цифровым двойником объекта, предусмотрено проведение серии съемок, что поможет в будущем собрать достаточное количество данных, чтобы определить динамику изменений.

Исследование объектов дольменной культуры Кавказа с помощью фотограмметрических методов демонстрирует определенную перспективность, что обусловлено оптимальными характеристиками данных памятников для проведения съемочных работ [17].

В современной археологической практике происходит существенная трансформация подходов к документированию историко-археологических объектов. Если ранее доминировали контактные методы фиксации, которые, несмотря на длительную историю применения (начиная с 1920-х гг.), характеризовались существенным недостатком – непосредственным воздействием на поверхность исследуемых объектов, что создавало риск их повреждения [8]. Среди современных методов особое место занимают фотофиксация, фотограмметрия, лазерное сканирование, демонстрирующие высокую эффективность при минимальном воздействии на объект исследования [13]. Фотограмметрический метод обладает рядом существенных преимуществ при полевых исследованиях: автономностью относительно системы освещения, доступностью необходимого оборудования, простотой освоения технологии, возможностью выявления дополнительных деталей при 3D-моделировании. При этом важно отметить, что при соблюдении определенных условий качество получаемых 3D-моделей достигает уровня лазерного сканирования. Особую перспективу представляет применение данной методики для документирования петроглифов, хотя стандартизация процесса все еще находится в стадии разработки, что создает пространство для экспериментальных исследований и оптимизации технологических решений [5].

Материалы и методы

На подготовительном этапе был проанализирован перечень объектов культурного наследия Краснодарского края, из этого перечня методом критериального анализа были отобраны объекты, представляющие, с одной стороны, наибольший интерес для туристов, с другой стороны – являющиеся наиболее известными (имеющие перспективу стать известными) объектами. В процессе отбора использовались четыре критерия: архитектурная, инженерная ценность объекта, историческая, религиозная значимость, состояние сохранности и связь с историческими личностями, событиями, личностями. Дольмены активно используются в туристско-экскурсионной деятельности, поэтому было принято решение о создании цифрового двойника дольмена. Был проведен картографический анализ территориального расположения объектов дольменной культуры в пределах Краснодарского края. С целью выбора объекта для оцифровки, с учетом целей создания геопортала (продвижение туристско-рекреационного потенциала Краснодарского края), в процессе исследования дольмены были проанализированы

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

по критериям доступности для туристов, известности и используемости в процессе организации туристско-рекреационной деятельности. Для исследования был выбран Шапсугский дольмен, находящийся в 500 м южнее станицы Шапсугской Абинского района Краснодарского края. Указанный дольмен входит в перечень объектов культурного наследия Краснодарского края.

Первым шагом к созданию цифрового двойника является полевое исследование и первичная съемка объекта (создание цифровой копии объекта). Съемка объекта проводилась методом фотограмметрии. Фотограмметрия (или фотомоделирование) – это технология, благодаря которой трехмерная цифровая поверхность может быть восстановлена из серии фотографий. Она часто используется для создания высокоточных трехмерных моделей объектов реального мира, например объектов культурного наследия. Фотограмметрия позволяет определить по снимкам исследуемого объекта его форму, размеры, пространственное положение в заданной системе координат, а также его площадь, объем, различные сечения на момент съемки и изменения этих величин через заданный интервал времени [3, 11, 15, 20].

Трехмерные модели – цифровые копии различных объектов – создаются на основе фотографий, снятых специальным методом с использованием фотограмметрии. Такие модели можно масштабировать до реальных размеров и координат, что приводит к детальному отображению оригинального объекта. Для создания моделей используется специальное программное обеспечение, например Agisoft Metashape, которое было применено для создания цифровой копии Шапсугского Дольмена [19, 22].

Методика формирования трехмерных моделей объектов базируется на последовательной реализации нескольких технологических стадий.

Начальный этап предполагает осуществление процедуры фотограмметрической калибровки посредством метода свободных станций, что подразумевает выполнение блочной триангуляции на основе фотоснимков.

В ходе данного этапа осуществляется идентификация характерных точек изображений, что обеспечивает возможность определения метрических характеристик фотограмметрических съемочных комплексов. В частности, производится экстракция параметров внутренней и внешней ориентации съемочной аппаратуры, включая пространственную локализацию, фокусное расстояние объектива и коэффициенты радиальной дисторсии [2, 14, 16].

Результатом первичной обработки является генерация трехмерного массива точечных координат, формирующего предварительное дискретное представление объекта, а также получение матрицы параметров позиционирования съемочной системы, которые подлежат дальнейшему использованию в процессе последующей обработки данных.

На втором этапе рассчитывается плотное облако трехмерных точек [12, 21], которые описывают объект и его окружение. Затем, используя данные, полученные на первом этапе, выполняется построение полигональной трехмерной модели.

Данный процесс позволяет с высокой точностью воспроизводить объекты, достигая значительной степени детализации и реализма, что делает его основополагающим этапом при разработке высококачественных трехмерных моделей. Дополнительно к этому для модели может быть разработана текстура, обеспечивающая фотографически точную передачу изображаемого объекта. Это дает возможность придать модели естественную и детализированную внешность, что имеет особое значение для целей визуализации и анимации.

Создание текстуры включает фотографирование реальных объектов или рисование вручную, что позволяет точно воспроизвести уникальные детали и текстуры. Результаты данного процесса могут быть экспортованы в различные форматы и интегрированы в геоинформационные системы, применены в качестве документальной базы культурного наследия, использованы для создания визуальных эффектов, а также для выполнения косвенных измерений объектов разного масштаба. Это делает их универсальными и применимыми в широком спектре областей – от научных исследований до индустрии развлечений [6].

Объекты культурного наследия изучаются в условиях реальных измерений пропорций для дальнейшей увязки этих данных с моделью. После определения размерных параметров объекта производится ее фотосъемка. Важно отметить, что съемка должна охватить весь объект целиком со всех сторон. Каждый кадр должен иметь не менее 30 % наложения и перекрытия с «соседними» кадрами. Расстояние до объекта играет немаловажную роль. В зависимости от фокусного расстояния оборудования и расстояния до объекта модель может иметь ту или иную детализацию. Как правило, расстояние до объекта относительно съемочного оборудования не должно занимать менее половины вертикального и горизонтального максимума габаритов объекта измерения (2 м). Расстояние до объекта было выбрано в размере удвоенного вертикального максимума объекта, что позволило получить высокую степень охвата сцены. В дальнейшем этот параметр уменьшился вдвое с повторным проведением съемки. Таким образом были получены исходные данные для сбора цифровой модели [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Картографический анализ показал, что концентрация дольменов возрастает на территории следующих административно-территориальных единиц Краснодарского края: сельское поселение Возрождение, станичное поселение Пшада, городской округ Туапсе и курортный поселок Лазаревское, территориально расположенные в приморской зоне Черноморского побережья (рис. 1). Эти территории характеризуются высокой активностью туристско-рекреационной деятельности, и посещение дольменов часто включается в экскурсионные программы.

Рекреационная география и туризм
 Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

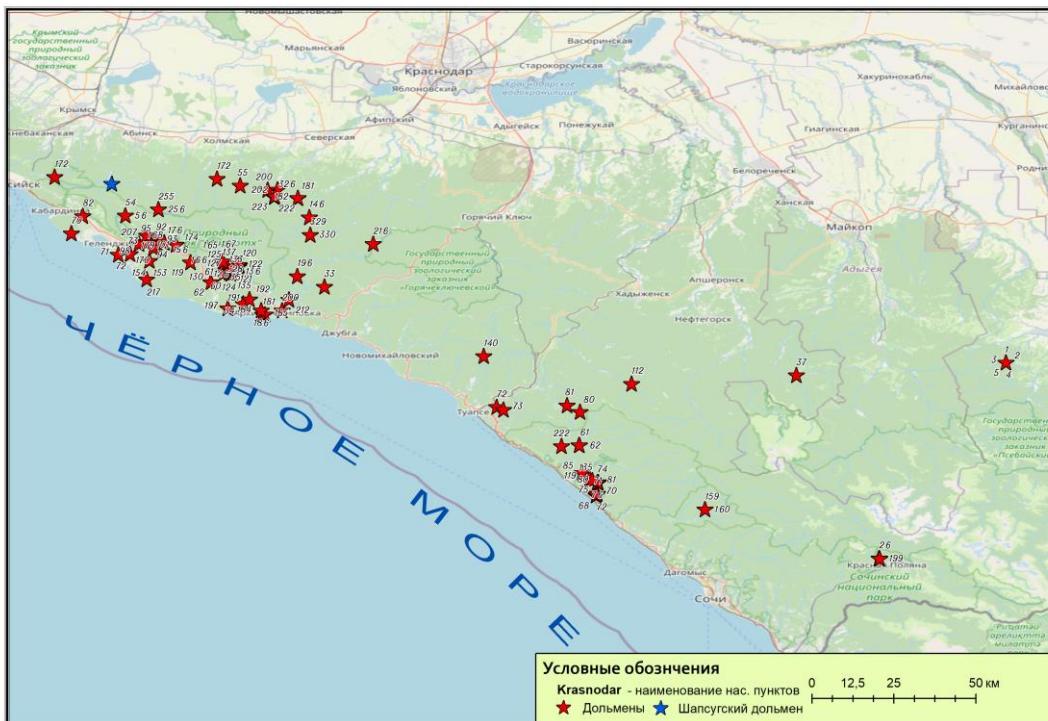


Рис. 1. Расположение дольменов, пользующихся наибольшей популярностью в туристской деятельности на территории Краснодарского края

(составлено на основании данных из Перечня выявленных объектов культурного наследия Краснодарского края Управления государственной охраны объектов культурного наследия)

Fig. 1. The location of dolmens that are popular among tourists in the Krasnodar Territory (compiled on the basis of data from the List of identified cultural heritage sites of the Krasnodar Territory prepared by the Department of State Protection of Cultural Heritage Sites)

Шапсугский дольмен, выбранный в качестве объекта оцифровки, как уже упоминалось ранее, входит в перечень объектов культурного наследия Краснодарского края.

Шапсугские дольмены активно посещаются туристами и по праву могут быть названы самыми популярными объектами Абинского района Краснодарского края. Итогом полевого выезда к Шапсугскому дольмену стали 300 кадров объекта съемки. Следующим этапом работ стала обработка снимков исследуемого объекта в выбранном программном обеспечении, а именно Agisoft Metashape. Для построения модели предполагалось использовать около 100 снимков, но для надежности создания максимально детализированной модели количество было увеличено до 300 кадров. В результате обработки были получены разреженное облако общих точек и следующие параметры камер: положение, ориентация, внутренняя геометрия (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т.д.) (рис. 2).

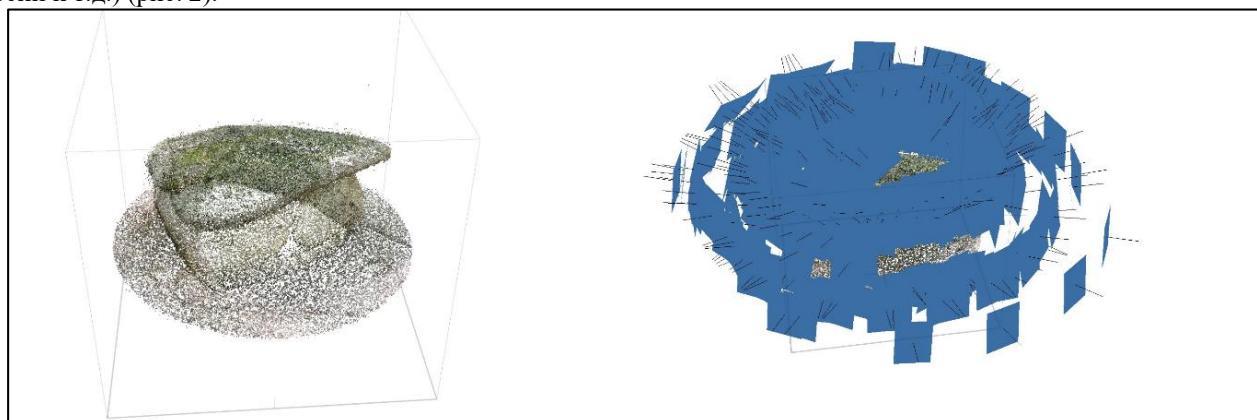


Рис. 2. Разреженное облако точек и данные камер
 Fig. 2. Sparse point cloud and camera data

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

На основе полученного разреженного облака общих точек была создана полигональная трехмерная модель исследуемого объекта. В зависимости от размеров и детальности объектов, число полигонов может достигать 10 млн. Инструментарий Agisoft Metashape позволяет упрощать такие модели без существенной потери качества. Модель, состоящая из 10 млн полигонов, была упрощена до 130 тыс.

Это значительно упрощает дальнейшие использование модели в различных целях, так как уменьшение количества полигонов значительно уменьшает объем данных, занимаемый экспортруемой моделью [10, 18].

На завершающем этапе создания цифровой копии (которая в будущем послужит основой цифрового двойника) была создана текстура для реалистичного отображения объекта и определены его геометрические параметры (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Параметры модели объекта культурного наследия «Шапсугский дольмен»

Model parameters of the Shapsug Dolmen cultural heritage site

Параметр	Значение
Количество полигонов	129500
Количество вершин	65123
Цвета вершин	3 канала, uint8
Текстура	8192x8192, 4 канала, uint8
Качество	Очень высокое
Фильтрация карт глубины	Умеренная
Объем данных, Мб	110
Высота, м	1,6
Длина, м	2,5
Ширина, м	2,5

В результате получена полностью готовая трехмерная текстурированная модель объекта (рис. 3).

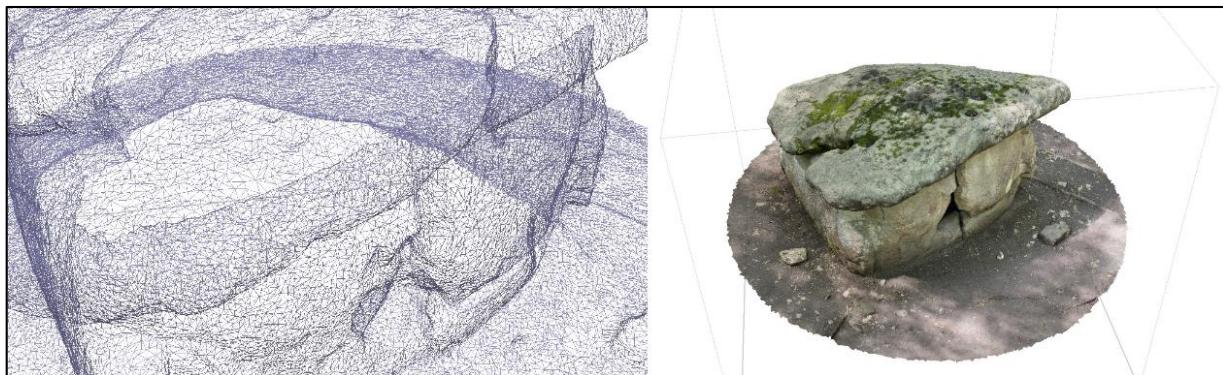


Рис. 3. Сетка полигонов и текстурированная модель
Fig. 3. Polygon mesh and the textured model

Полученная модель занимает 110 Мб и пригодна для дальнейшего использования в следующих целях:

- мониторинг и анализ состояния объекта в динамике с целью принятия оперативных решений для сохранения и восстановления;
- включение в программы маршрутов для целей виртуального туризма;
- создание комплексных интерактивных информационных ресурсов (карты, атласы и т.п.), позволяющих туристам познакомиться с культурно-историческим рекреационным потенциалом территории и принять решение о совершении путешествия с целью посещения объекта;
- с одной стороны, развитие научного туризма как активности, направленной на совмещение путешествий с исследовательской, познавательной и образовательной деятельностью, с другой – проведение сравнительного анализа объектов одной группы в научных целях;
- продвижение, позиционирование объекта (кроме привлечения внимания к самому объекту через его познание, потребительский интерес вызывает инновационная технология его презентации);
- в случае невозможности посещения объекта (например, людьми с ограниченными возможностями здоровья) цифровые двойники такую возможность обеспечивают виртуально;
- обучение и тренировка экскурсоводов для работы на объекте.

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

Заключение

Результаты проведенного картографического исследования выявили определенную закономерность в распределении мегалитических памятников на территории Краснодарского края. Наибольшая плотность расположения дольменов наблюдается в прибрежной зоне Черноморского побережья, охватывая ряд значимых территориальных образований региона. К таким территориям относятся поселение Возрождение, станица Пшада, городской округ Туапсе и популярный курортный район Лазаревское. Примечательно, что все эти административные единицы располагаются в непосредственной близости к морю, что во многом определяет их современное социально-экономическое развитие. Особую значимость приобретает тот факт, что исследуемые территории активно используются в туристско-рекреационной сфере. Мегалитические памятники, в том числе и Шапсугский дольмен, являющийся объектом культурного наследия регионального значения, стали неотъемлемой частью экскурсионных маршрутов и привлекают внимание значительного количества туристов.

Цифровой двойник объекта культурного наследия, как и других объектов, может быть создан с применением фотограмметрии и (или) методик лазерного сканирования. Это требует большого объема данных для высокой точности и детализации. При этом следует учитывать, что для создания полноценного цифрового двойника объекта всегда требуется серия интенсивных съемок в течение определенных временных промежутков. В результате проделанной работы впервые была создана цифровая модель Шапсугского дольмена, которая может служить основой для создания цифрового двойника объекта.

При создании моделей культурных объектов важно учитывать не только геометрическую точность, но и текстурирование, которое отвечает за фотorealistic представление. Этот процесс требует высокой вычислительной мощности, поскольку современные текстурированные модели могут достигать гигабайтного объема данных. Для оптимизации применяются алгоритмы редукции полигонов, как, например, в Agisoft Metashape, что позволяет сохранить качество при уменьшении размеров моделей.

Библиографический список

1. Абдуллина У.В., Исмакаева И.Д., Яркова В.В. 3D-моделирование и виртуальные исторические реконструкции как средство сохранения и популяризации культурного наследия: сотрудничество школы и вуза // Пятая зимняя школа по гуманитарной информатике. 2021. С. 141–142. EDN: HSSILO
2. Абрамович А.Ю., Шумейко И.П., Лушина В.С., Сикорская Я.Е. Опыт фиксации оползневой поверхности с применением метода фотограмметрии // Наукосфера. 2022. № 7–2. С. 70–76. DOI: 10.5281/zenodo.6758717 EDN: DUJLXN
3. Булавицкий В.Ф., Жукова Н.В. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территории: учеб. пособие. Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2016. 113 с.
4. Валганов С.В., Степченков В.С. Опыт эффективной фотограмметрии дольменов Кавказа в условиях максимально ограниченных ресурсов // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия Естественные и инженерные науки. 2019. № 1 (42). С. 48–67. EDN: EOADFG
5. Глазов К.А., Кудин М.И., Кизилов А.С. Барельефные изображения на дольмене группы Капибре-1 в окрестностях Большого Сочи // История, археология и этнография Кавказа. 2024. Т. 20, № 2. С. 342–353. DOI: 10.32653/CH202342-353 EDN: HENNMG
6. Голиков В.И., Зинкевич А.В., Резниченко М.К., Ржениева А.С. Особенности построения 3D-моделей из изображений для реализации цифрового двойника помещений // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2022. С. 59–63. EDN: OILGRC
7. Гура Д.А. Дьяченко Р.А., Дражецик Д.А. Методика получения пространственных данных при помощи методов дистанционного зондирования земли // Современные проблемы и перспективы развития земельно-имущественных отношений. 2023. С. 143–145. EDN: CUNBDI
8. Дэвлет М.А. О методике полевого изучения наскальных изображений // Краткие сообщения Института археологии. 1990. Вып. 202. С. 83–89. EDN: TLHSWR
9. Карагян А.В., Волкова Т.А., Миненкова В.В. Создание трехмерных моделей – цифровых двойников объектов культурно-исторического наследия краснодарского края // Передовые исследования Кубани. Кубанский научный фонд, 2024. С. 47–49. EDN: QZAKMU
10. Карнаушенко А.Д., Казеннова Л.К., Карнаушенко Э.Н. Опыт фотограмметрической экспресс-фиксации Пещерной церкви Северного монастыря Мангупа и выбор оптимального алгоритма построения 3D-модели в Agisoft Metashape 2 // Byzantinotaurica: византийская история и археология северного причерноморья (серия: Новая византийская библиотека. Byzantinotaurica). 2023. С. 59–61. EDN: NCQTIK
11. Козин Е.В., Карманов А.Г., Карманова Н.А. Фотограмметрия. СПб: Университет ИТМО, 2019. 142 с. EDN: WDSKNK
12. Коркина Е.А. Сафин А.Р. БПЛА-съемка почвенного покрова в условиях темнохвойной тайги // Почвенные и земельные ресурсы: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению: традиционные и инновационные подходы к изучению и управлению: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию образования каф. почвоведения и геоинформ. систем БГУ и 85-летию со дня рождения д-ра геогр. наук, проф. В.С. Аношко, Минск, 21–24 сент. 2023 г., Белорус. гос. ун-т. / гл. ред. А.Н. Червань. Минск: БГУ, 2023. С. 374–379.
13. Лобода А.Ю., Трифонов В.А., Шишилина Н.И., Хвостиков В.А. Крюк с изображением сцены кулачного поединка из дольмена Майкопской культуры, станица Царская, Северо-Западный Кавказ // Краткие сообщения Института археологии. 2018. Вып. 251. С. 25–42. EDN: VDSKNC
14. Мамажасыпова Г.Т., Байышбек Кызы Г. Совместная обработка материалов аэрокосмических и наземных съемок для создания 3D-моделей местности // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10, № 5. С. 134–139. DOI: 10.33619/2414-2948/102/17 EDN: DTKRTR
15. Рахматуллин Т.Р. Возможности использования дронов и метода фотограмметрии при моделировании труднодоступных участков геологических обнажений // Новые технологии в газовой промышленности: газ, нефть, энергетика: XIV Всероссийская конференция молодых ученых, специалистов и студентов: тезисы докладов, Москва, 14–18 ноября 2022 года. М.: Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина, 2022. С. 412–413.

Рекреационная география и туризм

Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.

16. Солдатов В.О., Солдатова Е.А. Применение фотограмметрии при изготовлении систем судовой вентиляции // Актуальные вопросы инновационного развития Арктического региона РФ: сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 133–138. EDN: BLGJQM
17. Степченков В.С., Валганов С.В. Опыт эффективной фотограмметрии дольменов Кавказа в условиях максимально ограниченных ресурсов // Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Серия Естественные и инженерные науки. 2019. № 1 (42). С. 48–67. EDN: EOADFG
18. Торопов И.С. Оценка точности создания модели местности на основе аэрофотосъемки с беспилотного летательного аппарата с помощью agisoft metashape // Проблемы разработки месторождений углеводородных и рудных полезных ископаемых. 2020. С. 195–198. EDN: UPZGTD
19. Харькова Ю.С. Анализ программного продукта Agisoft Metashape // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, посвященная 300-летию российской академии наук. 2022. С. 275–276. EDN: ERTBPY
20. Чубуничев А.Г. Фотограмметрия: учебник для вузов. М.: Изд-во МИИГАиК, 2022. 328 с.
21. Шершидская Ю.С. Применение 3D-моделей в науках о Земле на примере создания 3D каталога осадочных горных пород в рамках учебного курса «Литология» // Молодые – Наукам о Земле: тезисы докладов X Международной научной конференции молодых ученых. 2022. С. 267–271. EDN: DLUURS
22. Юзефович Ф.П., Топаз А.А. Построение трехмерной модели культурно-исторического объекта «дворец Чапских» на основе данных аэрофотосъемки // Гис-технологии в науках о земле. 2021. С. 208–211. EDN: XVXWLG

References

1. Abdullina, U.V., Ismakaeva, I.D., & Yarkova, V.V. (2021). 3D modeling and virtual historical reconstructions as a means of preserving and popularizing cultural heritage: cooperation between school and university. *Fifth Winter School on Humanitarian Informatics*, Pp. 141–142.
2. Abramovich, A.Yu., Shumeiko, I.P., Lushina, V.S., & Sikorskaya, Ya.E. (2022). Experience in fixing landslide surface using photogrammetry method. *Naukosfera*, No. 7-2, Pp. 70–76. DOI: 10.5281/zenodo.6758717
3. Bulavitsky, V.F., & Zhukova, N.V. (2016). *Photogrammetry and remote sensing of the territory: textbook*. Khabarovsk: Pacific State University Publishing House, 113 p.
4. Valganov, S.V., & Stepchenkov, V.S. (2019). Experience in effective photogrammetry of Caucasus dolmens under conditions of maximum resource constraints. *Bulletin of the International University of Nature, Society and Human "Dubna", Series: Natural and Engineering Sciences*, No. 1(42), Pp. 48–67.
5. Glazov, K.A., Kudin, M.I., & Kizilov, A.S. (2024). Bas-relief images on the dolmen of the Kapibga-1 group in the vicinity of Greater Sochi. *History, Archeology and Ethnography of the Caucasus*. Vol. 20, No. 2, Pp. 342–353. DOI: 10.32653/CH202342-353
6. Golikov, V.I., Zinkevich, A.V., Reznichenko, M.K., & Rzheneva, A.S. (2022). Features of constructing 3D models from images for implementing a digital twin of premises. *Bulletin of Pacific State University*, Pp. 59–63.
7. Gura, D.A., Dyachenko, R.A., & Drazhetsky, D.A. (2023). Methodology for obtaining spatial data using remote sensing methods. *Modern problems and prospects for the development of land and property relations*, Pp. 143–145.
8. Devlet, M.A. (1990). On the methodology of field study of rock paintings. *Brief Communications of the Institute of Archeology*. Is.202. Pp. 83–89.
9. Karagyan, A.V., Volkova, T.A., & Minenкова, V.V. (2023). Creating three-dimensional models - digital twins of cultural and historical heritage objects in the Krasnodar Krai. *Advanced Research in Kuban*. Kuban Scientific Foundation. Pp. 47–49.
10. Karnaushhenko, A.D., Kazennova, L.K., & Karnaushhenko, E.N. (2023). Experience in photogrammetric express fixation of the Cave Church of the Northern Monastery of Mangup and the choice of the optimal algorithm for constructing a 3D model in Agisoft Metashape 2. *Byzantinotaurica: Byzantine history and archaeology of the Northern Black Sea region*. Pp. 59–61.
11. Kozin, E.V., Karmanov, A.G., & Karmanova, N.A. (2019). *Photogrammetry*. St. Petersburg: ITMO University, 142 p.
12. Korkina, E.A., & Safin, A.R. (2023). UAV survey of soil cover in conditions of dark coniferous taiga. *Soil and Land Resources: Traditional and Innovative Approaches to Study and Management*, Pp. 374–379.
13. Loboda, A.Yu., Trifonov, V.A., Shishlina, N.I., & Hvostikov, V.A. (2018). Hook with an image of a fist fight scene from the Maikop culture dolmen, Tsarskaya stanitsa, North-Western Caucasus. *Brief Communications of the Institute of Archaeology*. Iss. 251. Pp. 25–42.
14. Mamazhakypova, G.T., & Baiyshbek Kyzzy, G. (2024). Joint processing of aerospace and ground survey materials for creating 3D terrain models. *Bulletin of Science and Practice*. Vol. 10. No. 5. Pp. 134–139.
15. Rakhmatullin, T.R. (2022). Possibilities of using drones and photogrammetry method in modeling hard-to-reach areas of geological exposures. *New Technologies in the Gas Industry: Gas, Oil, Energy*: XIV All-Russian Conference of Young Scientists, Specialists and Students, Moscow, November 14–18, 2022. Moscow: Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin. Pp. 412–413.
16. Soldatov, V.O., & Soldatova, E.A. (2021). Application of photogrammetry in the manufacture of ship ventilation systems. *Actual Issues of Innovative Development of the Arctic Region of the Russian Federation: Collection of Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference*. Pp. 133–138.
17. Stepchenkov, V.S., & Valganov, S.V. (2019). Experience in effective photogrammetry of Caucasus dolmens under conditions of maximum resource constraints. *Bulletin of the International University of Nature, Society and Human "Dubna", Series: Natural and Engineering Sciences*. No. 1(42), Pp. 48–67.
18. Торопов, И.С. (2020). Accuracy assessment of creating a terrain model based on aerial photography with an unmanned aerial vehicle using Agisoft Metashape. *Problems of Development of Hydrocarbon and Ore Mineral Deposits*. Pp. 195–198.
19. Kharikova, Y.S. (2022). Analysis of the Agisoft Metashape software product. *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov, dedicated to the 300th anniversary of the Russian Academy of Sciences*. Pp. 275–276.
20. Chibunichev, A.G. (2022). *Photogrammetry: textbook for universities*. Moscow: MIIGAiK Publishing House, 328 p.
21. Shershidskaya, Y.S. (2022). Application of 3D models in Earth sciences on the example of creating a 3D catalog of sedimentary rocks within the course "Lithology". *Young - to Earth Sciences: Abstracts of the X International Scientific Conference of Young Scientists*. Pp. 267–271.
22. Yuzefovich, F.P., & Topaz, A.A. (2021). Construction of a three-dimensional model of the cultural and historical object "Chapsky Palace" based on aerial photography data. *GIS Technologies in Earth Sciences*. Pp. 208–211.

*Рекреационная география и туризм***Волкова Т.А., Карагян А.В., Миненкова В.В., Кузякина М.В., Ряскин А.А.**

Статья поступила в редакцию: 21.05.25, одобрена после рецензирования: 01.12.25, принята к опубликованию: 12.12.25.

The article was submitted: 21 May 2025; approved after review: 1 December 2025; accepted for publication: 12 December 2025.

Информация об авторах

Татьяна Александровна Волкова

кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры международного туризма и менеджмента Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: mist-next4@inbox.ru

Арсен Ваагнович Карагян

Аспирант кафедры анализа данных и искусственного интеллекта, Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: karagyan.arsen@yandex.ru

Вера Владимировна Миненкова

кандидат географических наук, заведующая кафедрой экономической, социальной и политической географии, Институт географии, геологии, туризма и сервиса, Кубанский государственный университет; 350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: minenkova@inbox.ru

Марина Викторовна Кузякина

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры геоинформатики Кубанский государственный университет; 350040, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: MarinaVkuzyakina@gmail.com

Арсений Алексеевич Ряскин

студент направления «Картография и геоинформатика», Кубанский государственный университет; 350040, Россия, Краснодар, ул. Ставропольская, 149

e-mail: arseniy.Ryaskin@yandex.ru

Вклад авторов

Волкова Т.А. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Карагян А.В. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи.

Миненкова В.В. – анализ данных, написание статьи, научное редактирование текста.

Кузякина М.В. – обработка материала, анализ данных, написание статьи.

Ряскин А.А. – обработка материала, анализ данных, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**Contribution of the authors**

Tatiana A. Volkova – the idea; material collection and processing; writing of the article.

Arsen V. Karagyan – the idea; material collection and processing; writing of the article.

Vera V. Minenkova – data analysis; writing of the article; scientific editing of the text.

Marina V. Kuzyakina – material processing; data analysis; writing of the article.

Arseny A. Ryaskin – material processing; data analysis; writing of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Information about the authors

Tatiana A. Volkova

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of International Tourism and Management, Kuban State University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: mist-next4@inbox.ru

Arsen V. Karagyan

Postgraduate Student, Department of Data Analysis and Artificial Intelligence, Kuban State University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: karagyan.arsen@yandex.ru

Vera V. Minenkova

Candidate of Geographical Sciences, Head of the Department of Economic, Social, and Political Geography, Institute of Geography, Geology, Tourism, and Service, Kuban State University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: minenkova@inbox.ru

Marina V. Kuzyakina

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Geoinformatics, Kuban State University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: MarinaVkuzyakina@gmail.com

Arseny A. Ryaskin

Student, ‘Cartography and Geoinformatics’ field of study, Kuban State University; 149, Stavropolskaya st., Krasnodar, 350040, Russia

e-mail: arseniy.Ryaskin@yandex.ru