

Список использованной литературы:

1. Романова Е.Н. Ысыах - праздник возрождения природы // Культура народов Сибири. - 1994. - С. 245-250.
2. Сураганова З.К., Романова Е.Н., Наурзбаева А.Б. Традиционные праздники тюркских народов. - Алматы, 2023. - 200 с.
3. Борисов Б.Б. Ритуал распятия первого кумыса: структура и семантика // Северо-Восточный гуманитарный вестник. - 2025. - № 2(51). - С. 81-87.
4. Петрова А.Г. Чорон. К проблеме семантико-функциональных особенностей ритуальных сосудов в традиционной культуре // Система ценностей современного общества. - 2008. - № 11. - С. 37-43.
5. Николаева А.М. Об этнографической реалии якутского народа "чорон"; // Научный журнал КубГАУ. - 2015. - №113(09). - С. 1-10.
6. Окладников А.П. История Якутской АССР. Т. 1. - М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1955. - 432 с.
7. Потапов И.А. Декоративное искусство якутов. - Якутск: Книжное изд-во, 1972. - 156 с.
8. Алексеев А.Н. О происхождении якутских чоронов // Северо-Восточный гуманитарный вестник. - 2015. - № 1(10). - С. 55-61.
9. Кисель В.А. Якутский чорон: к проблеме происхождения // Этнографическое обозрение. - 2003. - № 5. - С. 70-77.
10. Васильев В.Е., Николаева А.М. Особенности орнамента чорона - ритуальной посуды якутов // Международный научно-исследовательский журнал. - 2016. - № 11 (53). - Ч. 2. - С. 18-20.
11. Васильев В.Е. Кубок чороон ымыа - символ культа плодородия: генезис и семантика ритуальных сосудов народа саха // Северо-Восточный гуманитарный вестник. - 2016. - № 3(16). - С. 17-23.
12. Алексеев А.Н. Якутский чорон // Наука и техника в Якутии. - 2020. - № 2(39). - С. 85-90.

ПОРТАТИВНАЯ ФОТОГРАММЕТРИЯ В АРХЕОЛОГИИ: ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ «REALITYSCAN» ДЛЯ ОЦИФРОВКИ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Тебаев Д.Б

Научный руководитель: PhD Candidate, Durham University,
старший преподаватель Раисова А.Д.
Карагандинский национальный исследовательский университет
имени академика Е.А.Букетова
danieltebaev4@gmail.com
г. Караганда

Фотограмметрия в археологии представляет собой метрическую технику, использующую серию перекрывающихся изображений для создания 2D и 3D цифровых моделей объектов [1, с. 150; 2, с. 319, 333-334]. В мировой практике она зарекомендовала себя как инструмент цифровой документации, позволяющий фиксировать археологические объекты с высокой точностью и эффективностью для задач реставрации, консервации и научного анализа. [3, с. 1; 4, с. 1-2]. Так, группа исследователей из г. Резе, Франция (Луара-Атлантическая) и Пенн ан Але в Ланьоне (Кот-д'Армор) провели исследования по созданию 3D-моделей керамических фрагментов, продемонстрировав ее эффективность [3, с. 2]].

В Казахстане цифровая фиксация активно используется при работе с археологическими объектами в рамках работ по сохранению историко-культурного наследия. Например, Институт Археологии имени А.Х. Маргулана применяет как лазерное сканирование, так и фотограмметрию для документирования археологических объектов [5]. Одним из наиболее многочисленных объектов при археологических раскопках является керамика, представленная цельными сосудами и отдельными фрагментами. При фиксации керамики традиционным методом выступает графическая зарисовка. В отличие от графической фиксации, ограниченной индивидуальными навыками специалиста, технологии фотограмметрии предоставляют возможность создания детализированных 3D-моделей, сохраняющие информацию не только о геометрии, но и о текстурных особенностях артефакта. Полученные модели служат вспомогательным инструментом для планирования реставрационных

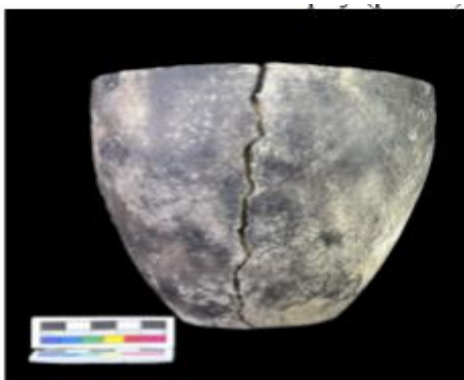


Рис. 2. Сосуд горшковидной формы из мог. Нуратазды 1.

работ, виртуальной реконструкции и проведения бесконтактных исследований [3, с. 1; 4, с. 1-2, с. 225-226. 6, с. 225-226].

В ряде исследований изучалась возможность использования мобильных устройств в качестве платформы для фотограмметрии. Примером является фиксация кургана бронзового века (röykkiö) в Кулосаари, Хельсинки [7, с. 81-82]; выполненная со смартфона Honor 70 с использованием приложений RealityScan (далее, «RS»), Polycam и Luma AI [7, с. 83]. Модели продемонстрировали хорошую геометрическую точность при измерении коротких отрезков с небольшим расстоянием в 100 мм (среднее отклонение для RealityScan составило 2 мм, для Polycam - 1 мм, а для Luma AI - 2 мм [7, с. 88-89]. Однако на больших расстояниях были

зафиксированы значительные расхождения до нескольких сантиметров (например, до 4,6 см), при этом ошибка возрастала с увеличением расстояния до 5 метров [7, с. 89]. Вследствие этого надежность мобильных приложений является частично достаточной для оцифровки небольших объектов в полевых условиях, и менее надежными для крупномасштабных территорий. [7, с. 90, 95-96].

Учитывая снижение точности при увеличении расстояния [7], в настоящей статье внимание сосредоточено на оценке эффективности и преимуществ методов фотограмметрии, реализованных с использованием приложения «RS», применительно к небольшим объектам, таким как фрагменты керамики и цельные сосуды. Цель исследования заключается в изучении возможности использования данного метода для задач фиксации, консервации, архивирования и последующего использования данного типа археологического материала.

В качестве инструментария исследования использовалось программное обеспечение «RS», представляющее собой бесплатную платформу для фотограмметрии. Функционал версии 1.8



предоставляет пользователю возможность предварительного просмотра качества сканирования и эффективного управления библиотекой проектов, а полученные модели находят применение в широком спектре задач, включая игровую индустрию, AR/VR-разработку, 3D-печать и цифровое архивирование объектов культурного значения [8]. В данной работе для сбора данных был применен режим AR-наведения (дополненной реальности), который обеспечивал генерацию точек в реальном времени на основе фотоснимков, создаваемых непосредственно в приложении.

Для фотограмметрической съемки применялся смартфон iPhone 13 (Apple A15 Bionic, 4 ГБ оперативной памяти и 128 ГБ встроенной памяти), оснащенный двумя камерами: 12-мегапиксельной широкоугольной камерой с диафрагмой f/1.6 и сверхширокоугольной камерой на 12 мегапикселей с диафрагмой f/2.4. Последующая обработка фотоснимков также была произведена на этом устройстве.

Материалом исследования стали керамические фрагменты, полученные в ходе раскопок 2024 года в жилище №5 на поселении Аккезен. Данный объект расположен в 115 км к юго-востоку от г. Караганды, относится к бегазы-дандыбаевской (саргаринско-алексеевской) культуре и датируется XIV-XIII вв. до н. э. [9, с. 225-226]. Для изучения возможностей «RS» были отобраны четыре фрагмента: №1-3 бегазы-дандыбаевской культуры (саргаринско-алексеевский тип) и фрагмент №4, предположительно импортного происхождения [9, с. 237].

Фрагмент №1 характеризуется наличием четких пальцевых вдавлений, фрагмент №2 ярко выраженным валиком и отверстием. Фрагмент №3 был выбран в связи с темным оттенком поверхности и слабо выраженным гребенчатым орнаментом, что усложняет фотограмметрическую фиксацию. Наконец, фрагмент №4 является днищем станковой керамики, отличной от других фрагментов технологией изготовления, что обусловило включение его в выборку (рис. 1).

Для фиксации цельного керамического сосуда был использован горшковидный сосуд, из коллекции Сарыаркинского Археологического Института. Данный сосуд был получен в ходе раскопок 2020 года из погребения 17 на могильнике Нураталды 1 (раннеалакульская культура), который расположен в 84 км к юго-востоку от г. Караганды. Радиоуглеродная датировка укладывается в два хронологических интервала: XIX-XVIII и XVIII-XVII вв. до н. э. [10, с. 81]. Данный экземпляр керамического сосуда был включен в исследование для проверки работы программы на объекте с несколькими особенностями: слабовыраженной орнаментацией и наличием сквозной трещины, проходящей от венчика до днища. Особый интерес представляла фиксация данной трещины, в том числе структуры ее внутренней поверхности для оценки точности сканирования геометрии поврежденного участка (рис. 2).

В целях проведения фотофиксации фрагментов была подготовлена рабочая зона. В качестве подставки использовалась черная бумага, размещенная на контейнере, фрагменты закреплялись скульптурным пластилином. В силу недостаточного потолочного освещения использовалась двухсторонняя система дополнительного освещения: кольцевая лампа с холодным спектром (напротив объекта) и лампа накаливания с теплым спектром (для внутренней подсветки фрагмента). Такая установка обеспечила нейтральный баланс, оптимальный для приблизительно корректной передачи фактуры керамической поверхности.

Для фиксации цельных сосудов была создана импровизированная площадка: стопка книг, покрытая черной бархатной бумагой, с измерительной линейкой 5 см. На уровне с керамическим сосудом была установлена система дополнительного освещения, что было обусловлено слабым потолочным светом (две высоко расположенные лампы белого спектра, примерно в 3 метрах от объекта). Дополнительное освещение было реализовано при помощи кольцевой лампы с холодным спектром, направленной на фронтальную часть со стороны измерительной линейки и настольной лампы, также холодного спектра освещения. Данная установка увеличила общую освещенность, однако привела к искажению цветового баланса, сместив оттенок керамики в синие тона, что стало потенциальным фактором погрешности при дальнейшей обработке.

Процесс оцифровки с использованием «RS» реализовывался в несколько последовательных этапов. Начальная стадия, проходившая в режиме дополненной реальности, предполагала круговую фотосъемку объекта для создания первичной визуализации в виде массива точек. При этом интерфейс программы обеспечивал визуализацию плотности покрытия, маркируя различными цветами участки объекта; красным цветом зоны с недостаточной информативностью, что указывало на необходимость дополнительной фотофиксации. Результатом сбора исходных данных стал массив из 300 фотографий, соответствующий верхнему пределу лимита, установленного приложением (рис.3).

После формирования исходной выборки и алгоритмической обработки приложения, следовал этап настройки рендеринга. В рамках полученных данных были определены ключевые параметры

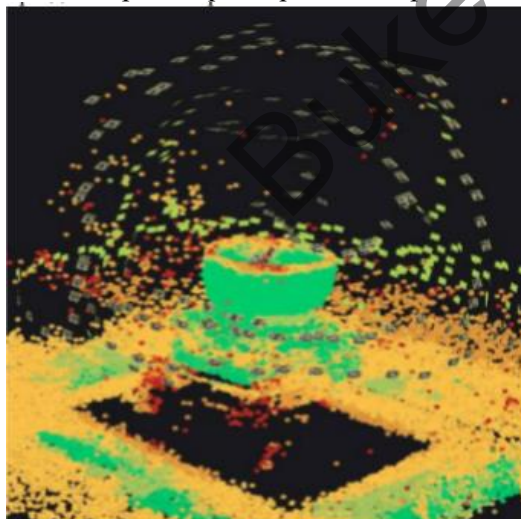


Рис. 3. Облако точек, «RealityScan».

генерации модели. Опция «water-tight mesh» (заполнение полигональной сетки) была активирована для оценки ее применимости к керамике, несмотря на риск снижения детализации в заполненных участках. Параметр «mesh resolution» был установлен на значение «high» для увеличения плотности полигонов, что позволило зафиксировать микрорельеф поверхности для последующего сравнительного анализа с оригиналом. Настройка «texture resolution» определила разрешение текстур, качество которых, однако, ограничивалось резкостью и фокусом исходных снимков.

На заключительной стадии были выполнены: компиляция массива изображений и окончательная алгоритмическая обработка. В результате чего была сформирована полигональная текстурированная модель («mesh model»), доступная для экспорта в форматах .obj или .usdz, а также для прямой публикации на платформе «Sketchfab».

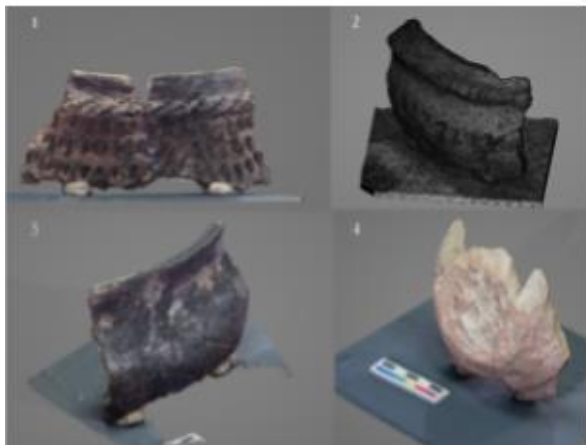


Рис. 4. Итоговый результат фрагментов керамики. Открыто с использованием: «Средство 3D-просмотра».

Апробация приложения «RS» на образцах №1-4 подтвердила эффективность предложенной методики оцифровки малогабаритных объектов. Сравнительный анализ показал, что полученные трехмерные модели характеризуются высоким качеством текстур и передачей геометрии, включая такие сложные детали, как пальцевые вдавливания (на фрагменте №1), выраженный валик и отверстие (на фрагменте №2), слабовыраженная орнаментация, а также темный оттенок изделия (на фрагменте №3) и нестандартная форма станкового фрагмента. Созданные цифровые двойники корректно воспроизвели особенности фрагментов, что подтверждает применимость данного инструмента в рамках работы с фиксацией небольших объектов,

при малых временных (ср. время на создание модели - 40 минут) и материальных затратах (рис.4).

В процессе оцифровки была выявлена техническая проблема, связанная с фиксацией образцов на площадке. Использование скульптурного пластилина для стабилизации фрагментов привело к частичному перекрытию части фрагмента, соприкасающегося с площадкой, что отразилось на итоговом результате. Поскольку в программном обеспечении отсутствует инструмент для точечного редактирования, фиксирующий пластилин сохранился на итоговом результате как инородный объект. Это снизило качество цифрового двойника и ограничило возможности его дальнейшего использования в экспозиционных и демонстрационных целях.

Работа по трехмерной реконструкции керамического сосуда подтвердила общую эффективность инструментария «RS». Визуальный сравнительный анализ показал совпадение общей геометрии и разрешения текстур с оригиналом; в частности, была успешно зафиксирована трещина, проходящая от венчика до днища. Созданная цифровая копия продемонстрировала пригодность данного метода фиксации керамических сосудов в условиях минимальных временных (время на создание модели - 44 минуты) и материальных затрат (рис. 5).



Рис. 5. Итоговый результат горшковидного сосуда. Открыто с использованием: «Средство 3D-просмотра».

Тем не менее, задача детального воспроизведения внутренней части скола, не оправдала исследовательских ожиданий в отношении качества текстуры и геометрии. При анализе финальной модели было также установлено частичное искажение общей текстуры поверхности сосуда, что свидетельствовало о снижении точности передачи визуальных характеристик в отдельных зонах сложной геометрии.

Проведенное исследование показало, что приложение «RS» может применяться как эффективный вспомогательный инструмент для фиксации археологических объектов, в частности керамических изделий. Ключевым преимуществом метода является его высокая автономность и мобильность; весь цикл работ осуществлялся на одном устройстве без необходимости предварительной выгрузки изображений, что позволило оперативно провести оцифровку. Помимо низких временных и материальных затрат, удобство эксплуатации обеспечивалось интуитивно понятным интерфейсом, который продемонстрировал пошаговый алгоритм действий с подробным описанием функций. Несмотря на положительные результаты, использование приложения сопряжено с рядом технических и функциональных ограничений, влияющих на качество итоговой модели. Отсутствие полноценной материальной базы для освещения (использование двух источников света) приводило к образованию периферийного затемнения и искажениям текстур, а холодный оттенок подсветки нарушал цветопередачу. Дефицит покрытия снимков и слабая фокусировка на участках со сложной геометрией усложняли постобработку, требуя необходимости применения алгоритма интенсивного сглаживания («water-tight mesh») и как следствие снижая детализацию.

Помимо этого, в ходе исследования были выявлены системные ограничения приложения. Функционал приложения ограничен отсутствием встроенных инструментов извлечения метрических данных, что потребовало использования внешних средств (масштабной линейки). Кроме того, функционирование AR-модуля и процесс создания трехмерной модели оказались ограничены ввиду отсутствия стабильного интернет-соединения в помещениях для фотофиксации. Это позволило сохранить полученные изображения, но не обработать их.

Учитывая выявленные особенности, мобильная фотограмметрия через приложение «RS» может рассматриваться как вспомогательный инструмент для фиксации археологических объектов благодаря высокой автономности, минимальным финансовым затратам и простоте использования. Однако выявленные технические ограничения и системные недостатки (отсутствие инструментов извлечения метрических данных, зависимость от интернет-соединения) требуют предварительных условий работы и не позволяют рассматривать приложение как замену графического метода и профессиональных фотограмметрических решений при задачах, требующих высокоточной фиксации.

Список использованной литературы:

1. Simou S. The integration of 3D technology for the conservation and restoration of ruined archaeological artifacts / S. Simou, K. Baba, A. Nounah // History of Science and Technology. - 2022. - Vol. 12, № 1. - P. 150-168.
2. Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment / B. Daniotti, M. Gianinetti, S. Della Torre (Éds.). - Cham: Springer, 2020. - P. 391.
3. Barreau J.-B. Photogrammetry based study of ceramics fragments / J.-B. Barreau, R. Gaugne, Y. Bernard, G. Le Cloirec, V. Gouranton [и др.] // International Journal of Heritage in the Digital Era. - 2014. - Vol. 3. - P. 643-656.
4. Barreau J.-B. The West Digital Conservatory of Archaeological Heritage project / J.-B. Barreau, R. Gaugne, Y. Bernard, G. Le Cloirec, V. Gouranton // Digital Heritage International Congress 2013: Vol. 1: papers. - [S. l.: s. n.], 2013. - P. 547-554.
5. 3D моделирование [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://archo.kz/ru/page-3d-modelirovanie/> // Дата обращения: 17.11.2025
6. Simonyan H. Photogrammetry in Archeology According to Verin Naver Burial Ground and the Shengavit Settlement / H. Simonyan, N. Kalantaryan, G. Gyulamiryan // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2023. - Vol. XLVIII-2/W3-2023. - P. 225-231.
7. Paukkonen, N. Kännykkä, pilvi ja tekoäly? Fotogrammetria- ja NeRF-ohjelmistojen vertailua arkeologien tarpeisiin / N. Paukkonen // Muinaistutkija. - 2025. - № 1. - P. 80-98.
8. RealityScan Mobile [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://apps.apple.com/ru/app/realityscan-mobile/id1584832280> // Дата обращения: 23.11.2025
9. Варфоломеев В. В. Металлообрабатывающая мастерская на поселении Аккезен, Центральный Казахстан // Археология Евразийских степей. 2022. №2. С. 225-244.
10. Ломан В.Г., Кукушкин И.А. Исследования раннеалакульского могильника Нураталды-1 (Центральный Казахстан). Археология Казахстана. 2023. No2 (20). С.81-102.

Благодарность к.и.н. Варфоломееву В. В. и Сарыаркинскому археологическому институту за предоставленный керамический материал.

ПРИРОДНАЯ СРЕДА И АДАПТИВНЫЕ ОТВЕТЫ КОЧЕВНИКОВ ЕВРАЗИИ: ИСТОРИЧЕСКИЙ И КУЛЬТУРНЫЙ АНАЛИЗ

Уали А.

Научный руководитель: ст. преподаватель Т.В. Кошман
Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилёва
ualialin@gmail.com
г. Астана

Целью статьи является демонстрация того, как евразийские кочевники, в особенности казахи, смогли адаптироваться и оказывать сопротивление жестоким природно-климатическим условиям