

Министерство образования Республики Саха (Якутия)
МБОУ «Качикатская СОШ им. С.П. Барашкова»
Хангаласский улус

Создание 3-D модели исторического артефакта способом 3-D фотограмметрии

(якутское седло XIX из фонда Кердемского филиала МБУК «Хангаласский УКМ им. Г.В.
Ксенофонтова»)

Выполнил:

Тимофеев Семен Андреевич,
учащийся 7 класса
МБОУ «Качикатская СОШ
им. С.П. Барашкова»

Руководитель:

Осипова Елизавета Алексеевна

Качикатцы, 2024

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Цифровизация исторических артефактов методом 3D-фотограмметрии.....	4
1.1. 3D-фотограмметрия как способ сохранения исторических артефактов	4
1.2. Программы и приложения для 3D-фотограмметрии	6
1.3. Создание 3D-объектов на приложении Polycam.....	8
Глава 2. Создание 3D-модели музейного экспоната.	12
2.1. Об историческом артефакте.	12
2.2. Создание 3D-модели якутского седла.	13
Заключение.....	16
Список источников	
Приложения	

Введение

Современные 3D-технологии, в частности сканирование и печать, имеют огромную значимость для сохранения и даже восстановления культурного наследия. Не всегда удается сохранить артефакты в том виде, в каком они найдены или созданы. Время беспощадно их уничтожает. Всё больше музеев стали задумываться о сохранении и оцифровке историко-культурного наследия для будущих поколений, а также начали создавать виртуальные туры по своим экспозициям, которые стали доступны, в том числе из-за широкого распространения VR-шлемов и очков и некоторого падения цен на них, а также роста производительности смартфонов.

Актуальность: Оцифровка артефактов поможет сохранить их для будущего поколения. Модели, полученные методом 3D-фотограмметрии не только можно разместить в виртуальном музее, но так их можно же распечатать. Способ 3D-фотограмметрии не предполагает наличие дорогостоящей аппаратуры, нужен только фотоаппарат и свет.

Цель нашей работы: создание 3D-модели исторического артефакта – якутского седла XIX века методом 3D-фотограмметрии.

Для достижения цели мы выполнили ряд **задач**:

- Изучение основ фотограмметрии;
- Изучение программ для 3D-фотограмметрии;
- Выбор простых приложений для работы на смартфоне;
- Поиск и изучение исторического артефакта;
- Выполнение работы на приложениях Polycam: 3D Scanner&Editor и 3D Scanner & NeRF: Kiri Engine.

Гипотеза: Даже на простых приложениях для смартфона возможно создать модель артефакта.

Глава 1. Цифровизация исторических артефактов методом 3D-фотограмметрии.

1.1. 3D-фотограмметрия как способ сохранения исторических артефактов.

Фотограмметрия — это одно из направлений 3D-сканирования, основанное на получении данных о размерах и поверхностях реальных объектов за счёт фотоснимков. Технически это происходит следующим образом. Статичный объект фотографируют с разных ракурсов, в результате чего получается множество снимков. Их загружают в специальную программу, которая, в свою очередь, анализирует снимки, создаёт облако точек и формирует цельный объект в 3D с учётом рельефа.

Фотограмметрия — научно-техническая дисциплина, занимающаяся построением трехмерных объектов по их фотоизображениям. Для построения таких моделей существует целый ряд современных программ — 3DF Zephir Aerial, Pix 4D, SURE, MucMac, Agisoft Photoscan. Результаты обработки цифровых снимков можно рассмотреть сегодня в архивах и виртуальных выставках.

Трёхмерное документирование предоставляет открытый доступ исследователям к музейному объекту с его естественной цветопередачей и высокоточной поверхностной детализацией. Вне зависимости от масштаба объекта, 3D-модель можно приблизить, отдалить, рассмотреть его цвет и поверхность, развернуть на 360°. 3D-фотограмметрия продвинула науку в архитектуре, истории, зоологии, наземной и подводной археологии, сочетая трёхмерное документирование, качество детализации и интерактивность исторических объектов. Вопрос фактического визуального сохранения артефактов остается открытым так же, как и разработка новых способов 3D-реконструкции. Ведь именно 3D-реконструкция реальности прошлого сможет показать панорамные отрезки эпох и живые лица предков в нашем настоящем (2).

Готовая 3D-модель становится частью документированной таким образом коллекции, которую после этого можно демонстрировать всем интересующимся, не тревожа при этом физический оригинал. Сама возможность создания и передачи электронных копий археологического материала — огромный шаг к коллективным исследованиям. Цифровую модель каменного орудия можно выслать по электронной почте коллегам для совместного изучения. Благодаря возникновению направления цифровой археологии многие исследователи со всего мира могут увидеть своими глазами и даже подержать в руках (после распечатки на 3D принтере) уникальные артефакты.

Цифровой археологический артефакт — бесценное новшество для ученых. С его помощью можно осуществлять ранее недоступные исследования. Так, измерив тысячи координат, теперь можно сравнить по форме как каменные орудия из разных

археологических памятников и даже с разных континентов, так и антропологические и палеонтологические находки. Основное преимущество такого анализа перед другими гуманитарными исследованиями – его верифицируемость. Если другой ученый исследует те же 3D модели, то он получит точно такой же результат.

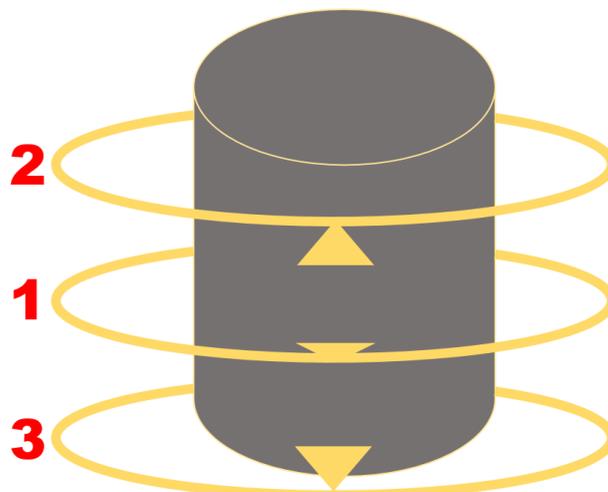
Порядок фотографирования артефактов в стационарных условиях:

а) первая серия фотографий. Фотоаппарат устанавливается под более резким углом к объекту, например, 60–70°. Более верхнее положение фотоаппарата нужно, чтобы уверенно получить верхний срез объекта или внутреннюю поверхность сосуда. Излишне завышать угол фотосъемки нет необходимости, так как сложно будет соблюсти резкость на всем объекте (вот для чего в фотограмметрии рекомендуются фотоаппараты с полноэкранный резкостью). На всех фотографиях весь объект должен быть резким, поэтому нужно экспериментально найти степень удаления фотоаппарата от объекта так, чтобы весь объект был резким при всех поворотах столика. При фото-фиксации не зуммировать, лучше использовать объектив с неизменяемым фокусным расстоянием и не менять настройки фотоаппарата. Все серии снимков должны быть сделаны с одинаковыми программными настройками и расстоянием фотоаппарата от объекта. Фотографии делаются с небольшим шагом: следующее фото должно перекрывать предыдущее не менее чем на 30%. Чем больше снимков, тем будет качественнее модель. Следует проводить фотосъемку по полному кругу вокруг всего объекта.

б) вторая серия фотографий. Фотоаппарат на штативе немного опускается, и серия фотосъемок повторяется. В случае, если объект профилированный (больше деталей), понадобится больше серий фотографий, вплоть до 10° положения фотоаппарата. В любом случае необходимы круговые серии. Далее объект съемки следует перевернуть на 180° и повторить все серии фотографирования. Серии-перевертыши лучше как-то разделить. Например, завершив первую серию, положить в центре что-либо яркое и сделать фото, потом при загрузке снимков в программу это поможет визуально различать блоки фотографий. Фотограмметрия археологического объекта в ручном режиме производится с выше рекомендованными программными настройками фотоаппарата (размер фото 16:9) при равномерном освещении. При солнечной погоде рекомендуется производить фотографирование объекта в полдень. Настоятельно рекомендуется избегать «косого» освещения объекта. При отсутствии возможности удаления от объекта рекомендуется использовать фотоаппарат с широкоугольным объективом для наибольшего охвата объекта. Фотографировать объект следует последовательно, по окружности от объекта таким образом, чтобы новое фото перекрывало предыдущее не менее чем на 30%. Не следует использовать настройку панорамного фотографирования. Первую серию

фотографий рекомендуется сделать с максимально возможной высоты, например, со стремянки, или другим способом. Вторая серия возможна с уровня плеча, третья – ниже.

Объект с особо сложной поверхностью (например, камни в бровке) можно сфотографировать и с уровня дневной поверхности. Качественная детализация элементов, например, погребального сооружения, может быть достигнута способом дополнительного последовательного фотографирования деталей объекта в разных ракурсах и большем масштабе. При необходимости фиксации деталей



следует придерживаться принципа «кругового» фотографирования таким образом, чтобы расположение «детали» на объекте оказалось хорошо «привязано» к сериям фотографий более крупного плана. В противном случае появится риск того, что программа фотограмметрии может не обнаружить места «детали» на общей 3D-модели. Не рекомендуется наличие на объекте посторонних предметов, особенно перемещаемых в процессе фотографирования, в частности масштабных линеек с контрастной и гладкой поверхностью.

1.2. Программы и приложения для 3D-фотограмметрии

Большинство программ для фотограмметрии работают по следующей схеме:

- анализ загруженных фотографий;
- генерация облака точек;
- формирование готового меша;
- первичная обработка и экспорт.

Итоговая форма объекта в 3D во многом зависит от качества загруженных фотографий и их количества с разных ракурсов. В целом процесс почти всегда одинаковый и отличается лишь дополнительным функционалом, связанным с первичной обработкой объекта и экспортом (отсечением лишней области, сокращением количества полигонов, экспортом текстур, разнообразием форматов для экспорта 3D-модели и так далее). Ниже представлено несколько популярных программ, которые часто используются пользователями.

1. Meshroom

Разработчик: AliceVision

Сайт программы: <https://alicevision.org/#meshroom>

В отличие от многих специализированных программ, Meshroom бесплатна и хорошо справляется со сканированием неподвижных объектов. Это значит, что она подойдёт как любителям, так и продвинутым пользователям. В Сети можно найти немало подробных видеоуроков по Meshroom, что поможет начинающим быстро освоить работу с программой.

2. Agisoft Metashape

Разработчик: Agisoft

Сайт программы: <https://www.agisoft.com/ru/>

Стоимость лицензии: 179 долларов / 3499 долларов; образовательный тариф 45000 рублей.

Многофункциональный инструмент от российской компании. В стандартной версии доступно создание 3D-моделей с фотореалистичными текстурами и расширенным редактированием, обработка снимков, снятых с разных фотокамер, а также сшивание панорам в 360°. Совместима со всеми видеокартами. Из минусов пользователи отмечают долгую обработку и сложный интерфейс.

3. Substance 3D Sampler

Разработчик: Adobe

Сайт программы: https://www.adobe.com/products/substance3d-sampler.html?sdid=1NZGD5RW&mv=search&gclid=CjwKCAjw36GjBhAkEiwAKwIWYz67wvRUAvySWaI-kVtSstYdRttPiXP2VUvc3tFVGAZXsPEa4QXnBoCeO8QAvD_BwE

Стоимость лицензии: 49,99 доллара в месяц за весь пакет инструментов Substance 3D.

Новый инструмент для фотограмметрии в экосистеме Adobe. Преимущества в том, что полученный 3D-объект можно легко интегрировать в другие инструменты Substance, а затем доработать меш и текстуры. Substance 3D Sampler вышла несколько месяцев назад. В некоторых обзорах указывают на проблемы с импортом фотографий и неточностью в передаче деталей по сравнению с аналогами.

4. 3DF Zephyr

Разработчик: 3Dflow

Сайт программы: <https://www.3dflow.net/3df-zephyr-photogrammetry-software/>

Стоимость лицензии: от 0 до 4200 евро

Любители и начинающие пользователи могут начать с бесплатной версии 3DF Zephyr Free, в которой можно загрузить до 50 фотографий на сеанс сканирования, что подойдёт для создания небольших 3D-объектов с простой геометрией. Для более

детальных ассетов в контексте игрового окружения подойдёт версия 3DF Zephyr Lite: в ней нет ограничений по загрузке фотографий и форматов по экспорту текстур. Из-за фреймворка CUDA программа работает только с видеокартами Nvidia. В случае с AMD программа будет работать, но в разы медленнее, так как вся нагрузка пойдёт на центральный процессор.

5. RealityCapture

Разработчик: Capturing Reality, Epic Games

Сайт программы: <https://www.capturingreality.com/realitycapture>

Стоимость лицензии: от 10 до 3750 долларов

Специфика лицензии RealityCapture отличается от других похожих программ тем, что здесь пользователь платит не за использование программы, а за входные данные. Это значит, что расчёт производится за количество снимков и их разрешение в мегапикселях. Для этого на сайте программы существует специальный калькулятор. Предпросмотр результата фотограмметрии и его оптимизация бесплатны. Оплата предполагается только за экспорт модели.

Что касается функционала, то в Reality Capture доступен импорт данных с фото, видео, лазерного сканирования, генерация карт нормалей/смещения и большой выбор расширений для экспорта. Как и Meshroom, RealityCapture поддерживает генерацию отсканированного меша только при наличии карты Nvidia из-за использования фреймворка CUDA 3.0, поэтому владельцам AMD Radeon придётся рассмотреть альтернативы.

1.3. Создание 3D-объектов на приложении Polycam: 3D Scanner&Editor.

В последние годы всё больше набирают популярность мобильные приложения для фотограмметрии: камеры в смартфонах стали мощнее, а в iPhone (с выходом моделей 12 Pro и iPhone 12 Pro Max) и iPad Pro стала доступна технология LiDAR. На сегодняшний день на рынке мобильных приложений есть как платные, так и бесплатные инструменты и для Android, и для iOS. С ними можно создать качественный скан 3D-объекта и в дальнейшем интегрировать его в свой проект.

Среди универсальных приложений можно отметить Polycam. В нём есть возможность бесплатной обработки фото, интеграция с порталом Sketchfab, а встроенная функция LiDAR охватывает большие пространства. В результате Интернет заполнили трёхмерные модели комнат пользователей, что стало своеобразным мемом. Рассмотрим работу Polycam: 3D Scanner&Editor на практике.

Как работает Polycam: 3D Scanner&Editor

Загружаем приложение и открываем его. Создаём аккаунт. На данный момент в Polycam доступно три режима 3D-сканирования.

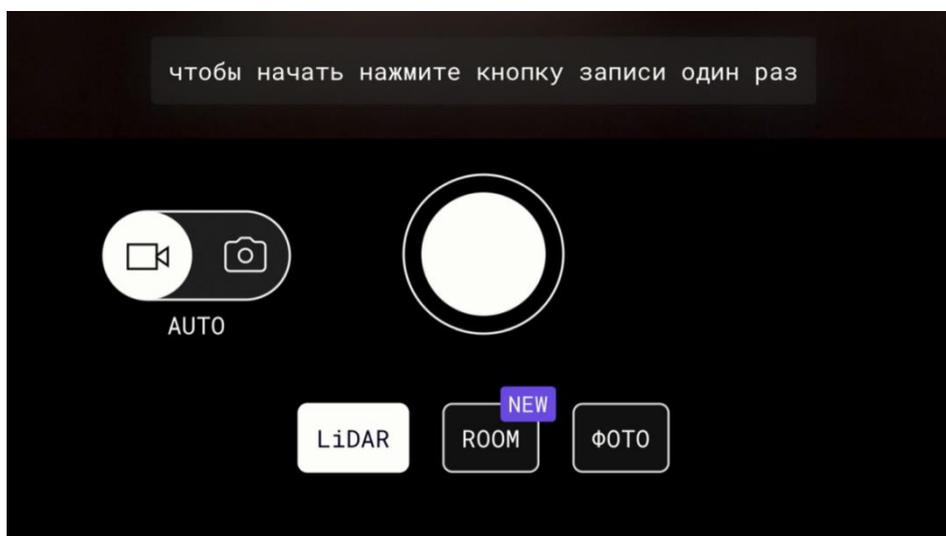


Рис.1. Скриншот: Polycam / Polycam Inc.

В рамках фотограмметрии нас интересует режим «Фото», поэтому мы будем работать в нём. В качестве эксперимента попробуем отсканировать глиняную фигурку лошади, созданную учениками школы. Для мобильного приложения подойдёт любой объект с более или менее простой конструкцией. Впрочем, можно выбрать и более сложную форму, но в этом случае есть риск получить менее точный результат, и в дальнейшем объект придётся тщательно дорабатывать вручную непосредственно в программе для 3D-моделирования.

Подготовка к сеансу фотограмметрии



Требования к съёмкам объекта для фотограмметрии во многом схожи с требованиями к съёмке поверхностей будущих PBR-текстур.

Если объект находится на улице — желательно снимать его в облачную погоду. Если в помещении — нужно выставить рассеянный свет.

Чтобы избежать искажений, необходимо перемещать смартфон вокруг объекта медленно и под прямым углом. В зависимости от размеров объекта можно настроить фокус на панели сбоку (1x / 2,5x) и

расположить гаджет так, чтобы изображение в камере не было размытым.

Убедитесь, что на выбранном для съёмки объекте нет отражающих/прозрачных деталей: программа не распознаёт их во время анализа. Это касается не только мобильных, но и десктопных приложений.

Делаем больше кадров под разными углами. Чем больше таких снимков — тем больше вероятность, что программа лучше обработает детали. Область перекрытия должна занимать не менее 50%.

Обработка и экспорт

Закончив серию снимков, нажимаем на кнопку «Выполнено». Перед отправкой в облако определяемся с качеством (обычно это Raw). Обычно процесс обработки фото занимает 5–10 минут.

Когда обработка будет закончена, в приложении появится 3D-объект, полученный в результате сканирования.

В приложение встроен мини-редактор, где можно произвести базовые манипуляции с моделью: удалить лишние фрагменты, добавить дополнительные кадры, увеличить размер, записать видео и даже запустить режим AR, чтобы рассмотреть, как выглядит модель в обычной среде, и сравнить с оригиналом.

Сохраняем объект (крайний значок в правом углу) и переходим в настройки экспорта. В разделе Export to можно выбрать софт, в который мы хотим интегрировать нашу модель. В данном случае выбран Blender, так как дальнейшую обработку мы будем проводить именно в этой программе.



Обработка 3D-скана после фотограмметрии в Blender



В каком бы софте ни проводилось сканирование и каким бы удачным на первый взгляд ни показался результат, полученный объект всё равно нуждается в исправлении топологии. Всегда найдутся проблемные места, которые программа не смогла проанализировать по фотографиям, и на этих участках будут различные дефекты в виде растяжек или разрывов полигональной сетки.

К тому же отсканированный объект по умолчанию состоит из десятков тысяч полигонов, что неприемлемо для импорта в качестве игрового ассета. В некоторых инструментах — например, в Metashape — можно сразу указать предполагаемое количество полигонов будущей модели, а на полученном скане сразу отсечь лишние данные в виде точек или полигонов. Так или иначе, модель, прошедшую сеанс фотограмметрии, всё равно придётся дорабатывать вручную.

И хотя фигурка, отсканированная в Polycam, получилась достаточно детальной для своего небольшого размера, она тоже нуждается в коррекции.

Таким образом мы выполнили еще несколько моделей работ учащихся, а также старинного чороона мой бабушки.



Глава 2. Создание 3D-модели музейного экспоната.

2.1. Об историческом артефакте.

В марте 2023 года мы прошли обучение в Доме научной коллаборации СВФУ по теме «Основы 3D-фотограмметрии» мы пробовали свои силы в создании цифровых артефактов. Мы вдохновились идеей преподавателя СВФУ, Ефимова С.В., поучаствовать в проекте «Раритеты Хангаласского улуса». Попробовав создать 3D-модели, решили найти исторический артефакт, который был бы интересен и как объект культуры, и как объект исторический, связанный с историей нашей школы, нашего села. Мы нашли такой объект в с. Кердем, в филиале Хангаласского музея краеведения им. Г.В. Ксенофонтова. Это старинное якутское седло XIX века, принадлежавшее семье Барашковых, родственникам С.П. Барашкова, нашего земляка и мецената, имя которого носит наша школа.



Якутское седло является самой дорогой и красивой вещью в хозяйстве, т.к. культ коня у народа саха связан с культом солнца, а лошадь – это незаменимый спутник, надежный друг. Поэтому наши предки боготворили ее и украшали с не меньшим усердием, чем своих женщин. Седло являлось для мужчины-саха неразлучным спутником – днем они не сходили с седла, а ночью клали под голову вместо подушки.

Это седло небольшого размера, луки седла украшены серебряными накладками. На передней накладке имеется по краю надпись «Семіона Засимова», «Барашкова», «29го Юня 1892 года». Внизу – рисунок жирафа и страуса с надписями «жирэфъ» и «страусъ».

Накладка украшена растительным орнаментом. Под накладкой берестяная подкладка.



Седло набито лосиной шерстью. По бокам прикреплены березовые дощечки, подбитые железными гвоздями. Дата «1892 год», возможно, связана с Качикатско-Николаевской церковью, которая в этом году приступила к вероисповеданию. («Якутское седло 19 века. Исторические факты», статья Лебедева С., журнал «Хатан», февраль-апрель 2012 г.) Надписи «Семіона Засимова», «Барашкова» указывают на то, что седло принадлежало Засиму Барашкову, ближайшему родственнику С.П. Барашкова – известного мецената, внесшего большой личный вклад в строительство церкви, неоднократно избиравшегося церковным старостой. Изображения невиданных в то время диких животных жирафа и страуса может говорить о кругозоре Барашкова, его образованности. К сожалению, информацией об имени мастера мы не владеем. Это тоже идея для интересной исследовательской работы. Нигде больше седел с таким изображением на данный момент не было описано. По крайней мере, мы такой информации не находили. Это очень интересный артефакт.

2.2. Создание 3Д-модели якутского седла.

Подготовка к сеансу фотограмметрии.

Если объект находится на улице — желательно снимать его в облачную погоду. Если в помещении — нужно выставить рассеянный свет. Чтобы избежать искажений,

необходимо перемещать смартфон вокруг объекта медленно и под прямым углом. В зависимости от размеров объекта можно настроить фокус на панели сбоку (1x / 2,5x) и расположить гаджет так, чтобы изображение в камере не было размытым. Оборудование, которое нам понадобилось – это крутящаяся подставка, лампа рассеянного света, нейтральный фон (лист ватмана, ткань и пр.), смартфон с приложением Polycam и 3D Scanner & NeRF: Kiri Engine.

Съемка артефакта.

Чтобы избежать искажений, необходимо перемещать смартфон вокруг объекта медленно и под прямым углом. В зависимости от размеров объекта можно настроить фокус на панели сбоку (1x / 2,5x) и расположить гаджет так, чтобы изображение в камере не было размытым.

Убеждаемся, что на выбранном для съёмки объекте нет отражающих/прозрачных деталей: программа не распознаёт их во время анализа. К сожалению, на артефакте серебряные накладки, и мы не были уверены, насколько у нас получится точная модель.

Делаем больше кадров под разными углами. Чем больше таких снимков — тем больше вероятность, что программа лучше обработает детали. Область перекрытия должна занимать не менее 50%.



Вначале мы сделали съемку на приложении 3D Scanner & NeRF: Kiri Engine.

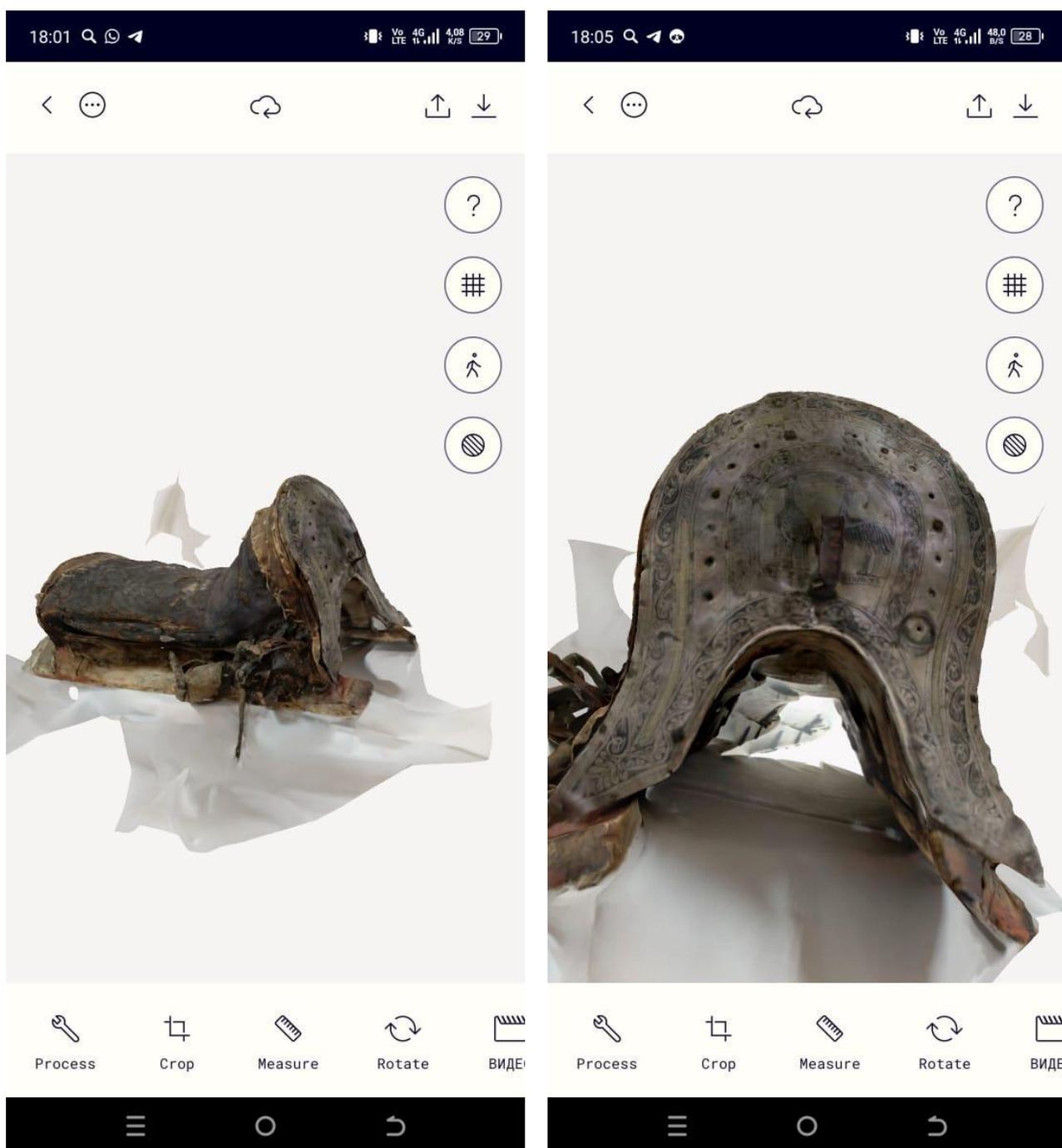
Но у нас не получилось обработать, т.к. истек срок бесплатного использования. Затем мы сделали съемку на приложении Polycam. Закончив серию снимков, нажимаем на кнопку «Выполнено». Перед отправкой в облако определяемся с качеством (обычно это

Raw). Обычно процесс обработки фото занимает 5–10 минут.

Когда обработка закончена, в приложении появляется 3D-объект, полученный в результате сканирования.

На нем отразились лишние части фона. В последующем их надо убрать, экспортировав объект в формате stl в приложение Blender.

В итоге у нас получилась 3Д- модель исторического артефакта.



Заключение

В ходе работы над проектом мы изучили основы 3D фотограмметрии. Это очень увлекательное занятие. Сохранение физических исторических артефактов для будущих поколений – это очень важно. Не все артефакты могут пережить испытание временем. Так же мы изучили различные приложения для создания 3D-объектов. Вначале нас заинтересовала программа Agisoft Metashape. Это профессиональная программа с большими возможностями. Но, как оказалось, лицензия была очень дорогая. Не всем она подойдет по финансам. И тогда мы решили изучить, какие приложения для смартфонов наиболее удобны и просты в использовании. После поиска информации остановились на двух самых простых и результативных, по нашему мнению, приложениях для смартфона. Это Polycam и 3D Scanner & NeRF: Kiri Engine.

Вначале сделали модели глиняных фигурок, сделанных нашими учащимися, потом перешли к артефактам.

Технология создания 3D-модели на всех программах почти идентична, отличается расширенными возможностями обработки и сохранения моделей. Поработав на самых простых программах, можно потом перейти на более сложные, такие как Agisoft Metashape. Надеемся, что школа приобретет эту программу. Можно еще попробовать обработать материал (фотографии артефактов) в сотрудничестве с Домом научной коллаборации.

Так же мы соприкоснулись с историей нашего наслега, нашей школы. Знание своей истории поможет нам сохранить память об ушедших веках, исторических событиях и помогает нам не забыть прошлое своего народа, своей малой родины.

В итоге мы получили хоть и несовершенную, но достаточно точную 3D-модель исторического артефакта. В будущем мы хотим освоить профессиональную программу по 3D-сканированию, создать цифровые модели уникальных артефактов для нашего школьного виртуального музея. Гипотеза подтвердилась, с помощью мобильных приложений возможно создать 3D-модель артефакта, но надо еще обрабатывать полученные модели на других приложениях, чтобы получить более качественный результат. Это занимает больше времени. На профессиональных программах можно сделать быстрее и качественнее. Принцип и технология создания 3D-моделей почти идентична, поэтому работа на мобильных приложениях даст нам возможность быстрее усвоить профессиональную программу.

Список использованных источников:

1. Денисов И.В., Зубов С.Э., Букина О.В., «Применение 3D-технологий в сфере сохранения и использования археологического наследия»: журнал «Археология евразийских степей» №5, 2022г., ISSN 2587-6112, e-ISSN 2618-9488, г. Казань.
2. Лебедев С., «Якутское седло 19 века: исторические факты»: журнал «Хатан», февраль-апрель 2012г., г. Якутск;
3. <https://archaeology.nsc.ru/3d-modeli-drevnih-artefaktov-ili-tsifrovaya-arheologiya/>
4. <https://skillbox.ru/media/gamedev/что-такое-фотограмметрия>
5. <http://3dsol-model.ru/resheniya/svyaz-3d-tehnologii-s-muzeinumi-eksponatami/index.html>

