

Молдавская Н.Н.

Спелеоклуб «Поиск», г. Одесса, Украина

E-mail: m.nataliya.at@gmail.com

Широков М.Н.

Спелеоклуб «Поиск», г. Одесса, Украина

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ И ФОТОГРАМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ, ФИКСАЦИИ И МОНИТОРИНГА ПАМЯТНИКОВ В ОДЕССКИХ КАТАКОМБАХ

USING METHODS OF LASER SCANNING AND PHOTOGRAZMETRY FOR RESEARCH, FIXATION AND MONITORING OF MONUMENTS IN ODESSA CATACOMBS

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность использования лазерного сканирования как метода фиксации и 3D-моделирования подземных объектов. Изложена методика оцифровки объектов историко-культурного наследия. Использование современных средств фиксации расширяет возможности изучения объектов, информация, полученная в результате лазерного сканирования, позволяет провести мониторинг состояния сохранности отдельных участков каменоломен. Рассматриваются преимущества и возможные сферы применения полученных 3D моделей на практике.

Annotation. This article discusses the possibility of using laser scanning as a method of fixation and 3D modeling of underground objects. The method of digitizing objects of historical and cultural heritage is described. The use of modern means of fixation expands the possibilities of studying objects, the information obtained as a result of laser scanning allows monitoring the state of preservation of individual sections of the quarries. The advantages and possible areas of application of the obtained 3D models in practice are considered.

Введение

Одесские катакомбы - замечательный памятник истории горного дела, истории Одессы и один из крупнейших в мире лабиринтов искусственных пещер. Общая протяженность каменоломен под городом и его ближайшими окрестностями оценивается в 2500 км. Это обстоятельство создает иллюзию обыденности Одесских катакомб в сознании местных жителей, что в свою очередь приводит к тому, что катакомбы воспринимаются скорее, как досадная помеха, чем как памятник истории. Это приводит к массовому уничтожению каменоломен: провалы в старые горные

выработки засыпают мусором, при креплении старых горных выработок участки замывают песком.

Только в 2016 году три отдельных участка катакомб были взяты под охрану. Несмотря на это, проблема сохранения памятников истории и культуры в катакомбах стоит достаточно остро, потому что нет возможности взять под охрану и сохранить отдельные участки каменоломен, которые находятся в разных частях огромного лабиринта.

Одними из наиболее эффективных современных методов, применяемых для сохранения памятников истории и архитектуры являются методы лазерного сканирования и фотограмметрии.

Методология. Наземный лазерный сканер (НЛС) — это съёмочная система, измеряющая с высокой скоростью (от нескольких тысяч до миллиона точек в секунду) расстояния от сканера до поверхности объекта и регистрирующая соответствующие направления (вертикальные и горизонтальные углы) с последующим формированием трёхмерного изображения в виде облака точек.

Система наземного лазерного сканирования состоит из НЛС и полевого персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. НЛС состоит из лазерного дальномера, адаптированного для работы с высокой частотой, и блока развертки лазерного луча. В качестве блока развёртки в НЛС выступают сервопривод и полигональное зеркало или призма. Сервопривод отклоняет луч на заданную величину в горизонтальной плоскости, при этом поворачивается вся верхняя часть сканера, которая называется головкой. Развёртка в вертикальной плоскости осуществляется за счёт вращения или качания зеркала.

В процессе сканирования фиксируется направление распространения лазерного луча и расстояние до точек объекта. Одной из форм представления результатов наземного лазерного сканирования является массив точек лазерных отражений от объектов, находящихся в поле зрения сканера, с пятью характеристиками, а именно пространственными координатами, интенсивностью и реальным цветом (рис. 1).



Рис.1. Представление результатов лазерного сканирования в виде облака точек.

Фотограмметрия – это научно-техническая дисциплина, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям. Пространственные координаты точек объекта определяются путём измерений, выполняемых по двум или более фотографиям, снятым из разных положений. При этом на каждом изображении отыскиваются общие точки.

Оборудование и программное обеспечение. Для исследования использовался Лазерный сканер Leica BLK360, фиксация изображений производилась фотоаппаратом Olympus OM-D E-M5. Для обработки данных использовалась программы RealityCapture, Autodesk ReCap, Leica Cyclone REGISTER, Adobe Photoshop Lightroom. Также для работы данных программ необходимы такие системные требования: RealityCapture использует технологию Nvidia Cuda, следовательно, ваша видеокарта должна поддерживать данную технологию с минимум 4 ГБ VRAM; объем необходимой оперативной памяти напрямую зависит от размера и сложности снимаемого объекта, но минимально рекомендованный – 16 гигабайт; процессор Intel Core i7 с не менее чем 4 физическими ядрами.

Исследования. Для исследования были выбраны следующие три участка каменоломен. Самый крупный из них (участок 1) каменоломня К-6, по некоторым оценкам одна из самых старых среди сохранившихся городских каменоломен (рис. 2). Хорошо сохранился наклонный ствол, приводящий в каменолому. Эта старая горная выработка содержит даты, вырезанные на стенах (рис. 3). Кроме этого, она отличается необычным, характерным только для ранних каменоломен способом отделения каменных блоков. В этой каменоломне отсутствуют забои прямоугольной формы. А на потолке каменоломен сохранились необычно широкие следы от буртовочного лома.



Рис.2. Сечение облака точек системы К-6, раскрашенное по уровню.

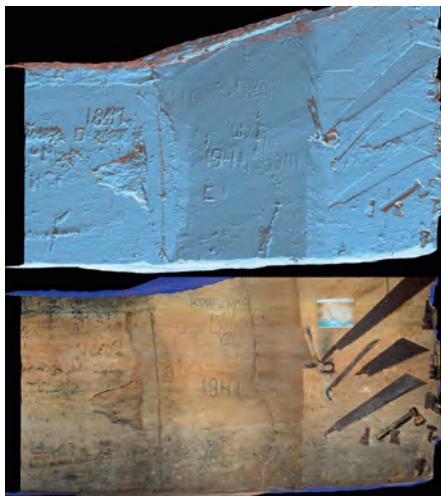


Рис.3. Модель фрагмента шахты с высеченными датами без текстуры и с наложением текстур.

Два других участка были выбраны в каменоломне 57-3 расположенной на берегу Хаджибеевского лимана. В этой выработке, в одном из забоев (участок 2), получившем условное название «комната с прокламациями» сохранилось большое количество интересных надписей и рисунков (рис. 4). [1].

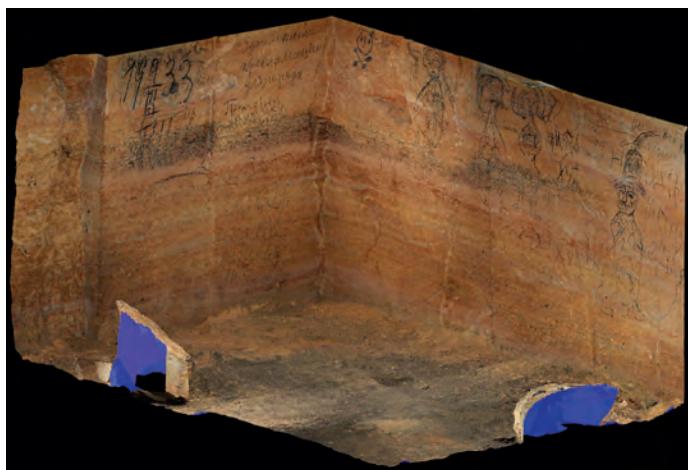


Рис.4. 3D визуализация результатов фотограмметрии

Еще один участок каменоломен 57-3 (участок 3) использовался местными жителями в качестве стоянки. Для этого один из забоев был блокирован бутовыми стенками, в которых были устроены лазы. Эти лазы могли быть перекрыты большими каменными блоками в случае опасности. Аналогичные стоянки,

оборудованные лазами, исследовались в каменоломнях 18-С, в Ильине [Грек и др. 2018]. Конструктивные особенности этого участка катакомб предполагалось зафиксировать, для дальнейшего исследования (рис. 5).

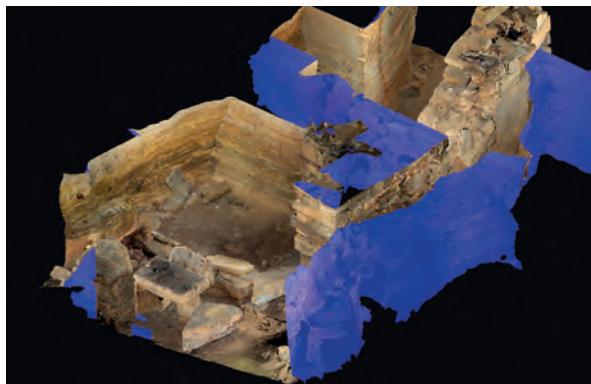


Рис.5. Участок стоянки, где расположен вход в эсилое помещение с лежанкой и столом.

Результаты

В результате проведенных работ, на участке 1 была полностью зафиксирована каменоломня протяженностью 120 м. Хорошо читаются конструктивные особенности входа и забоев, следы от инструментов на стенах и кровле выработок и даты вырезанные на стенах каменоломен. В процессе работ, в автоматическом режиме на основании цифровой модели были получены объемы каменоломни – 490 м³. Кроме того, для контроля за деформацией горной выработки, были установлены маяки и произведены контрольные замеры между реперами (точность измерения 1:2500). Для этого было выполнено сканирование с использованием 57 точек и сделано более 2500 фотографий. Указанная модель может быть использована и для других задач, например для создания виртуальных туров, 3D-печати, может быть использована при создании видеоигр. Также полученные результаты могут быть использованы дистанционно другими исследователями и учеными, нет необходимости личного присутствия для уточнения информации.

На участке 2, в тупиковом забое каменоломен было зафиксировано 77 изображений на стенах и потолке выработки. Среди надписей такие как «здесь делали прокламации для народа» и надписи национально-освободительного содержания на польском языке. Сравнение фотофиксации проведенной методом лазерного сканирования с фотофиксацией выполненной традиционными методами показало хорошее совпадение результатов при безусловно лучшем качестве визуализации объекта. Для

получения модели сделано 132 фотографии и съемка сканером в пяти точках.

На участке 3 методом лазерного сканирования была построена модель стоянки, защищенной бутовыми стенками. Построенная модель обладает хорошей степенью визуализации, и позволяет сохранить всю информацию об этом объекте, включая надписи, конфигурацию помещений и конструктивные особенности оборонительных сооружений. Следует отметить - данный объект содержит узкие лазы, шириной около 50 см, что выходит за границы возможностей данного метода.

Заключение

В результате работы были созданы три модели участков различной конфигурации в ката комбах, включающие участки, представляющие исторический интерес. Следует отметить, что созданные нами модели могут быть использованы только при наличии определенных вычислительных мощностей и специального программного обеспечения.

Исследование выполненные нами показали хорошие перспективы использования методов наземного лазерного сканирования и фотограмметрии для фиксации и дальнейшего исследования различных объектов в одесских ката комбах. В качестве ограничения использования данных методов следует отметить узкие, труднопроходимые участки шириной менее 60 см.

Литература

1. Грек И.О., Масленко В.В., Печенегова Е.Ю. О чём говорят надписи и рисунки в районе 57-3. 2021. (в печати)
2. Грек И.О., Масленко В.В., Печенегова Е.Ю. Каменоломни Орлова скала в Ильинке. Материалы международной конференции по спелеологии и спелеосталогии. Россия. Набережные Челны. 2018. С. 215-219.