

Р. А. Данилов¹✉, Е. Ю. Воронкин¹

Унификация полевой документации тахеометрической съёмки как основа автоматизированной 3D-визуализации археологических раскопок

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: romangg412@gmail.ru

Аннотация. В современной археологической среде актуальной проблемой выступает отсутствие единых стандартов ведения полевой документации. Это существенно затрудняет автоматизацию камеральной обработки данных, снижает скорость анализа и делает практически невозможным сопоставление материалов, полученных разными экспедициями. Для решения данной проблемы представлена программа, разработанная на языке Python. Она по результатам тахеометрической съёмки автоматически строит наглядные 2D- и 3D-модели археологического раскопа. В статье на основе практической апробации программного продукта предлагаются минимальные правила унификации документации. Они включают внедрение единой системы идентификаторов и стандартизированного формата файлов. Следование этим правилам позволяет полностью автоматизировать камеральную обработку и формировать сопоставимые базы данных для последующих археологических исследований.

Ключевые слова: тахеометрическая съёмка, автоматизация, 3D-моделирование, полевой стандарт, археологическая документация, Python

R. A. Danilov¹✉, E. Yu. Voronkin¹

Unification of field documentation of total station surveys as the Ba-sis for automated 3D visualization of archaeological excavation

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: romangg412@gmail.ru

Abstract. In the modern archaeological environment, a pressing issue is the lack of unified standards for maintaining field documentation. This significantly complicates the automation of laboratory data processing, reduces the speed of analysis, and makes it nearly impossible to compare materials obtained from different expeditions. To solve this problem, a program developed in Python is presented. Based on the results of tacheometric surveys, it automatically constructs clear 2D and 3D models of an archaeological excavation. Drawing on the practical testing of the software product, this article proposes minimal rules for documentation unification. These include the introduction of a unified identifier system and a standardized file format. Adhering to these rules makes it possible to fully automate laboratory processing and create comparable databases for subsequent archaeological research.

Keywords: tacheometric survey, automation, 3D modeling, field standard, archaeological documentation, Python

Введение

Современные археологические исследования невозможны без инструментальных съёмок: тахеометры, GNSS-приёмники, лазерные сканеры генерируют тысячи точек, которые ложатся в основу планов, разрезов и трёхмерных моделей [1]. Преимуществом тахеометра по сравнению с традиционными средствами инструментальной фиксации является то, что вся информация сохраняется и отображается в электронном виде, что позволяет автоматизировать и ускорить операции при последующих действиях по построению ЦМР и 3D реконструкций. Современные тахеометры сохраняют результаты съёмки в виде координат измеренной точки в текстовом формате txt [2].

Исследование предметной области

В настоящее время разработан и внедрен целый ряд эффективных геоинформационных систем (ГИС), позволяющих визуализировать результаты археологических исследований на основе тахеометрической съёмки. Положительный зарубежный и отечественный опыт получен как с обращением к материалам конкретных памятников, так при создании геоинформационных систем национального масштаба [3].

Однако анализ материалов, полученных разными экспедициями, показывает, что форматы данных, системы кодирования и даже разделители десятичных знаков различаются от полевого сезона к сезону, от одного исполнителя к другому. Это делает невозможной автоматическую обработку, вынуждая археологов вручную править файлы или заново оцифровывать планы. Отсутствие единого стандарта затрудняет создание сводных баз данных и сравнительных исследований.

Методы и технологии

В ответ для обозначенного круга проблем, с которыми сталкиваются археологи, была разработана и апробирована специализированная программа на языке Python, которая автоматически строит 2D/3D-модели раскопа по данным тахеометрической съёмки, и на её основе сформулировать минимальные, но достаточные правила для полевой документации, обеспечивающие автоматизацию камеральной обработки.

Данная программа выполняет следующие функции:

1. Классификация точек по семантическим группам (контуры, уровни зачистки, дно, находки) на основе идентификаторов (например, PER – контур, DNO – дно, SK – каменный артефакт и т. п.).
2. Построение замкнутых контуров объектов (выпуклая оболочка) для точек контура.
3. Создание вертикальных профилей – полупрозрачных стенок, соединяющих верхнюю и нижнюю границы контура, что наглядно показывает глубину залегания.
4. Визуализация в виде 2D-карт, 3D-scatter-графиков и 3D-моделей с закрашенными профилями.

5. Экспорт результатов в форматы GeoJSON/Shapefile для дальнейшего анализа в ГИС.

Апробация была проведена на материалах раскопа Р7 (уровни М1 и М2). Программа за несколько минут построила стратиграфическую модель, выявила закономерности залегания находок и перепады высот, что при ручной обработке заняло бы несколько часов.

Для того, чтобы любая подобная программа могла обрабатывать данные без ручной предобработки, рекомендуется при съёмке придерживаться следующих правил:

1. Система идентификаторов (кодов)

В поле PointID или отдельном поле Code указывать тип точки с помощью префиксов:

- CONT – контур объекта (ямы, жилища, раскопа);
- LEVn – уровень зачистки, где n – номер уровня;
- BOT – дно объекта;
- FIND_ – находки с указанием материала: FIND_CER (керамика), FIND_BON (кость), FIND_STO (камень), FIND_MET (металл);
- STR – точки стратиграфического разреза (стенки).

2. Порядок съёмки контуров

Точки одного контура снимать последовательно, по часовой стрелке или против, замыкая линию (последняя точка может не совпадать с первой, программа замкнёт автоматически, но последовательность важна для корректной геометрии).

3. Формат файла

Сохранять данные в текстовый файл с разделителем «;» и десятичной точкой (рекомендуется CSV). Обязательные колонки: идентификатор точки, X, Y, Z, код (если есть). Комментарии и лишние колонки допускаются, но не должны мешать чтению.

4. Документирование

В полевом дневнике фиксировать расшифровку всех использованных кодов и примечания (например, «точки с кодом LEV2 – второй уровень зачистки в яме 1»). Это позволит позже адаптировать правила под конкретный памятник.

На данных Р7, где идентификаторы частично соответствовали предложенной системе (PER – контур, DNO – дно, SK – каменные находки), программа корректно классифицировала более 95% точек и построила наглядные модели. Незначительные отклонения (например, наличие кода 111 во всех точках) не мешали работе, так как основная информация извлекалась из PointID.

Результаты

Разработанная программа может служить прототипом для создания единого цифрового инструментария археолога, а внедрение стандарта позволит создавать сопоставимые базы данных по разным памятникам, автоматически выявлять общие закономерности и ускорит подготовку отчётной документации а) вкладка

«Основное», добавление замера глюкозы; б) вкладка «Статистика», вывод таблиц; в) вкладка «Статистика», вывод графиков

Заключение

Таким образом, унификация полевой документации – первый шаг к полной автоматизации камеральной обработки, оперативное проведение которой, позволяет выявить ошибки еще в поле, а также представить целостную картину раскопа [1]. Предложенные правила минимальны, легко запоминаются и не требуют дополнительного оборудования. К тому же, разработанный подход к 3D-визуализации согласуется с современными тенденциями, описанными, к примеру, в методике полевой фиксации Институтом истории материальной культуры РАН [4].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зайцева, О. В. Тахеометрическая съемка в археологических исследованиях: учеб.-метод. Пособие / О. В. Зайцева, А. А. Пушкарев. – 2010. – 48 с.
2. Золотухин, В. В. Цифровое геодезическое оборудование в археологических исследованиях с применением методов геоинформационных систем / В. В. Золотухин / Вестник Новосибирского государственного университета. – 2011. – №7. – С. 61–66.
3. Макаров, Н. А. Первые шаги по созданию Национальной географо-информационной системы «Археологические памятники России» / Н. А. Макаров, А. Н. Ворошилов, О. В. Зеленцова, Д. С. Коробов, А. П. Черников / Археология, этнография и антропология Евразии. – 2015. – Том 43–№ 4. – С. 86–93.
4. Основные методики полевой фиксации, применяемые ИИМК РАН [Электронный ресурс]. URL: <https://www.old.archeo.ru/struktura-1/otdel-ohrannoi-arheologii/nauchnye-proekty-otdela-ohrannoi-arheologii/foto-k-metodikam-iimk> (дата обращения: 02.03.2026).

© Р. А. Данилов, Е. Ю. Воронкин, 2026