

УДК 528.721.221.6

3D ЛАЗЕРНОЕ СКАНИРОВАНИЕ В АРХЕОЛОГИИ: ОТ ДРЕВНИХ РУИН ДО ЦИФРОВЫХ РЕКОНСТРУКЦИЙ



3D LASER SCANNING IN ARCHEOLOGY: FROM ANCIENT RUINS TO DIGITAL RECONSTRUCTIONS

Захаров Артём Михайлович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
FucHhhh69@gmail.com

Щенявская Людмила Андреевна

студентка, лаборант-исследователь
кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет

Грибкова Ирина Сергеевна

старший преподаватель
кафедры кадастра и геоинженерии,
Кубанский государственный технологический университет

Захарова Екатерина Сергеевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет
zaharovak130@gmail.com

Фоменко Людмила Юрьевна

студентка,
Кубанский государственный технологический университет

Аннотация. В данной статье исследуются возможности применения 3D-сканирования в археологии, а также его влияние на сохранение и изучение культурного наследия. Автор анализирует современные технологии, подробно описывает процесс 3D-сканирования и сравнивает разные модели сканеров, такие как «RangeVision Neo» и «RangeVision Spectrum», выявляя их преимущества и недостатки. Особое внимание уделяется примерам успешного использования данной технологии в реконструкции утраченных объектов и цифровой фиксации артефактов, что способствует их более точному изучению. В статье также обсуждаются существующие ограничения 3D-сканирования и перспективы его дальнейшего развития, включая интеграцию с виртуальной и дополненной реальностью. Автор приходит к выводу, что 3D-сканирование становится важным инструментом в археологических исследованиях, значительно расширяя возможности сохранения и распространения знаний о культурном наследии.

Ключевые слова: 3D-сканирование, археология, сохранение культурного наследия, цифровая реконструкция, модели сканеров, технологические ограничения, виртуальная реальность.

Zakharov Artem Mikhailovich

Student,
Kuban State Technological University
FucHhhh69@gmail.com

Shchenyavskaya Lyudmila Andreevna

Student,
Lab Assistant-researcher of Department
of Cadastre and Geoengineering,
Kuban State Technological University

Gribkova Irina Sergeevna

Senior Lecturer of Department
of Cadastre and Geoengineering,
Kuban State Technological University

Zakharova Ekaterina Sergeevna

Student,
Kuban State Technological University
zaharovak130@gmail.com

Fomenko Lyudmila Yuryevna

Student,
Kuban State Technological University

Annotation. This article explores the potential of 3D scanning in archaeology and its impact on the preservation and study of cultural heritage. The author reviews current technologies, describes the 3D scanning process in detail, and compares different scanner models, such as «RangeVision Neo» and «RangeVision Spectrum», identifying their advantages and disadvantages. Particular attention is paid to examples of the successful use of this technology in the reconstruction of lost objects and the digital recording of artifacts, which contributes to their more accurate study. The article also discusses the current limitations of 3D scanning and prospects for its further development, including integration with virtual and augmented reality. The author concludes that 3D scanning is becoming an important tool in archaeological research, significantly expanding the possibilities for preserving and disseminating knowledge about cultural heritage.

Keywords: 3D scanning, archaeology, cultural heritage conservation, digital reconstruction, scanner models, technological limitations, virtual reality.

Современная археология переживает значительные изменения, связанные с внедрением высокотехнологичных методов изучения и сохранения артефактов, среди которых особое место занимает 3D-лазерное сканирование. Эта техно-

логия – не просто инструмент для документирования находок: она открывает новые горизонты в изучении древних цивилизаций, позволяя воссоздавать утерянные или повреждённые объекты с невероятной точностью.

История использования 3D-сканирования в археологических исследованиях имеет несколько десятилетий: от первых попыток оцифровки простых объектов до сложных проектов реконструкции древних архитектурных сооружений [1, 2]. Технология претерпела значительные изменения – от ограниченных по возможностям устройств до современных 3D-сканеров, которые фиксируют мельчайшие детали артефактов [3, 4]. Археология, как наука, изначально зависела от физического взаимодействия с артефактами, но с приходом цифровых решений, таких как 3D-сканирование, возможности исследователей расширились – стало возможным сохранять культурное наследие без ущерба для его целостности.

Процесс 3D-сканирования основан на преобразовании физического объекта в цифровую модель путём захвата его геометрии с использованием лазерных или оптических сенсоров. Сканер фиксирует форму объекта, анализируя его поверхность с высокой точностью – создавая тысячи или даже миллионы точек, каждая из которых имеет свои координаты в пространстве [2, 3]. Эти точки объединяются в облако, которое затем обрабатывается специальным программным обеспечением для создания трёхмерной модели. Современные 3D-сканеры делятся на несколько типов: лазерные, фотограмметрические и контактные – каждый из которых имеет свои особенности применения [4]. После получения точечного облака необходимо выполнить сегментацию – разделение объекта на элементы для последующей обработки и фильтрации шума, который может возникать из-за внешних факторов. Эти шаги обязательны для того, чтобы цифровая копия отражала все важные детали артефакта. Более того, создание 3D-моделей позволяет исследователям из разных стран работать совместно, независимо от географического положения артефакта: они могут делиться данными, моделями и результатами анализов.

Одним из ярких примеров успешного использования 3D-сканирования является проект по реконструкции древнего храма, реализованный археологом Э. Воте в 2006 году [4]. С помощью 3D-сканера была создана цифровая модель храма, которая затем интегрировалась с технологией виртуальной реальности – учёные могли «перемещаться» по храму, изучая его архитектуру и оценивая количество людей, которые могли участвовать в религиозных обрядах [4]. Это позволило не только визуализировать древнее строение, но и сделать научные выводы о его функциональной роли в контексте древнего общества.

В России 3D-технологии также активно применяются для исторических реконструкций [4]. Так, в 2004 году на базе Тамбовского государственного университета была проведена виртуальная реконструкция города Тамбова XVIII века. Сложность заключалась в том, что многие здания, включая дворянские усадьбы, не сохранились до наших дней [4]. Однако благодаря анализу исторических документов и использованию 3D-сканеров исследователям удалось восстановить облик города, что стало важным шагом в сохранении регионального культурного наследия.

Другим примечательным проектом является реконструкция монастырских комплексов России и Европы. В частности, в 2010 году началась работа над виртуальной реконструкцией Спасо-Преображенского мужского монастыря в Енисейске [4]. Это позволило восстановить утраченные элементы архитектуры и представить монастырь в виде, максимально приближенном к его историческому облику. Подобные проекты доказывают, что 3D-сканирование не только фиксирует, но и позволяет восстанавливать утраченное, давая археологам новые инструменты для изучения прошлого.

Несмотря на значительные достижения, 3D-сканирование в археологии не лишено своих ограничений – и главная проблема заключается в том, что сканеры не всегда способны точно передать мельчайшие детали поверхности артефактов [4]. В частности, текстуры с мелкими орнаментами или глубокими трещинами могут быть пропущены или искажены, что в итоге сказывается на точности воспроизведения объекта

[1, 4]. Этот недостаток особенно заметен при работе с объектами (рис. 1), имеющими сложные или сильно изношенные поверхности – когда для точной фиксации всех элементов требуется оборудование с высоким разрешением, которое доступно далеко не во всех лабораториях. Ещё одно важное ограничение – это стоимость оборудования и программного обеспечения, которое часто поставляется исключительно в комплекте со сканером [1, 5, 6].



Рисунок 1 – Материальный глиняный горшок и его трехмерная модель

В этом контексте сравнение 3D-сканеров «RangeVision Neo» и «RangeVision Spectrum» показывает их разные подходы к археологическим задачам. «Neo», с разрешением 2 мегапикселя и точностью 0,12 мм, подходит для небольших проектов, но не передаёт тонкие детали артефактов. «Spectrum» предлагает лучшее разрешение (3,1 мегапикселя) и точность 0,06 мм, что делает его предпочтительным для детализированного сканирования [1]. Однако его высокая стоимость и сложность в эксплуатации могут ограничить его использование. Выбор между ними зависит от целей: для простых проектов – «Neo», для высокой детализации – «Spectrum» [1, 6]. Следовательно, выбор между «Neo» и «Spectrum» зависит от приоритетов конкретного исследования: если ключевую роль играют точность и детализация, «Spectrum» становится очевидным лидером, тогда как «Neo» может оказаться более подходящим для тех случаев, когда важны скорость и простота работы.

3D-сканирование существенно изменило подход к сохранению культурного наследия – оно предоставляет уникальные возможности для детального изучения артефактов без необходимости их физического контакта. Оцифрованные модели можно многократно увеличивать, анализировать с разных углов и даже распечатывать на 3D-принтерах.

Одним из направлений, которое активно развивается, является интеграция 3D-сканирования с виртуальной и дополненной реальностью. Кроме того, появление новых, более мобильных и доступных моделей 3D-сканеров может изменить подход к полевым исследованиям – учёные смогут сканировать артефакты прямо на месте раскопок, избегая рисков, связанных с их транспортировкой.

Таким образом, можно отметить, что 3D-сканирование стало мощным инструментом в арсенале археологов, значительно расширив их возможности – как в плане сохранения артефактов, так и в процессе их изучения. Технология позволяет не только зафиксировать мельчайшие детали объектов, но и создать цифровые модели, которые могут быть использованы в научной и образовательной деятельности. Она создаёт уникальные возможности для реконструкции древних объектов и мест, что даёт возможность исследователям не только изучать артефакты, но и «погружаться» в исторические ландшафты. Несмотря на существующие ограничения оборудования и программного обеспечения, развитие данной области обещает ещё большее внедрение цифровых методов в археологические исследования, что неизбежно приведёт к новым открытиям и сохранению культурного наследия для будущих поколений.

Литература

1. Гура Д.А. Создание 3D кадастра объекта недвижимости для постановки на кадастровый учёт на примере железнодорожного вокзала Адлерского района г. Сочи / Д.А. Гура, Т.Э. Ал-

- качев // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2015. – № 11. – С. 362–369.
2. Использование данных НЛС для получения 3D моделей объектов культурного наследия и создания виртуальных туров / Т.А. Гура, А.Е. Катрич, Т.А. Барина, Г.Р. Сидеропуло, А.А. Рогозин // Сборник статей Международного научно-практического конкурса. – 2017. – С. 22–26.
 3. Среда Autocad Civil 3D: анализ программы, способы и методы обработки данных инженерно-геодезических изысканий / Т.А. Гура, П.В. Погодина, Ю.П. Ищук, Д.М. Рабданов, Е.В. Гайко // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 2. – С. 240–242.
 4. Overview of possible applications for the complex 3d objects restoration technologies / K.L. Savvidi, R.A. Dyachenko, D.A. Gura, J. Doumit // In the collection: Lecture notes in networks and systems. Proceedings of 7th ASRES International Conference on Intelligent Technologies. – Jakarta, Indonesia, 2023. – P. 197–207.
 5. Airborne laser scanning technology in archeology / D.A. Gura, M.V. Bykova, G.G. Shevchenko, D.V. Petrenkov, T.A. Romanova, N.I. Khusht, V.A. Brusilo, G.T. Akopyan // In the collection: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology. Proceedings of the International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). – 2019. – P. 776–779.

References

1. Gura D.A. Creation of a 3D cadastre of a real estate object for cadastral registration using the example of the railway station of the Adler district of Sochi / D.A. Gura, T.E. Alkachev // Electronic online polythematic journal «Scientific Works of KubSTU». – 2015. – № 11. – P. 362–369.
2. Using NLS data to obtain 3D models of cultural heritage sites and create virtual tours / T.A. Gura, A.E. Katrich, T.A. Barinova, G.R. Sideropulo, A.A. Rogozin // Collection of articles of the International scientific and practical competition. – 2017. – P. 22–26.
3. Autocad Civil 3D environment: program analysis, methods and techniques for processing engineering and geodetic survey data / T.A. Gura, P.V. Pogodina, Yu.P. Ishchuk, D.M. Rabdanov, E.V. Gaiko // Science. Technology. Technologies (polytechnic bulletin). – 2017. – № 2. – P. 240–242.
4. Overview of possible applications for the complex 3d objects restoration technologies / K.L. Savvidi, R.A. Dyachenko, D.A. Gura, J. Doumit // In the collection: Lecture notes in networks and systems. Proceedings of 7th ASRES International Conference on Intelligent Technologies. – Jakarta, Indonesia, 2023. – P. 197–207.
5. Airborne laser scanning technology in archeology / D.A. Gura, M.V. Bykova, G.G. Shevchenko, D.V. Petrenkov, T.A. Romanova, N.I. Khusht, V.A. Brusilo, G.T. Akopyan // In the collection: Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology. Proceedings of the International Symposium «Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research» dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019). – 2019. – P. 776–779.