

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

УДК 902.4:528.7

С.П. Грушин, И.А. Сосновский

Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия

ФОТОГРАММЕТРИЯ В АРХЕОЛОГИИ – МЕТОДИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ*

Статья посвящена методике получения трехмерных моделей объектов археологических исследований с помощью фотограмметрии. Трехмерная фиксация имеет ряд преимуществ перед традиционными методами фиксации, поскольку при ее применении сохраняется больше информации об объекте. Фотограмметрия позволяет производить фиксацию без дорогостоящего специализированного оборудования – для ее проведения достаточно иметь цифровую камеру и персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением. Этапы получения трехмерной модели проиллюстрированы на примере съемки керамического сосуда периода ранней бронзы, найденного при исследовании памятника Телеутский Взвоз-I. На первом этапе произведена съемка нескольких серий снимков сосуда, полностью покрывающих его площадь. Далее была произведена обработка полученных снимков в приложении Agisoft Photoscan, с помощью которого построено плотное облако точек, а затем и готовая текстурированная модель, полностью сохраняющая структуру оригинала. Применение технологий трехмерной фиксации имеет большие перспективы, поскольку позволяет сохранять больше информации, расширяет возможности анализа и публикации информации, что делает исследование более объективным и полным.

Ключевые слова: трехмерная фиксация, наземная фотограмметрия, керамические сосуды, ранняя бронза.

DOI: 10.14258/tpai(2018)1(21).-08

Введение

На протяжении всего существования археологии происходило планомерное совершенствование методов фиксации, направленное на увеличение их полноты и точности. Полнота фиксации объектов исследования критически важна как для интерпретации и последующей публикации результатов полевых работ, так и для составления отчетов. Бурное развитие информационных технологий, совершивших огромный рывок в конце прошлого века, позволило перейти на качественно новый уровень записи, обработки и хранения материалов исследования. Сегодня вслед за цифровой фотосъемкой и применением тахеометра в практику археологических исследований постепенно входят методы трехмерной фиксации, делающие сбор данных еще более полным и быстрым.

Трехмерная фиксация объектов имеет ряд преимуществ перед традиционными методами документирования, поскольку дает возможность создавать модели, полностью сохраняющие пространственные характеристики сканируемых объектов. Трехмерная модель позволяет исследователю детально изучить объект со всех углов и ракурсов, даже если он никогда не видел его своими глазами. Кроме того, программное обеспечение позволяет проводить различные виды анализа, такие как измерения расстояния или объема.

* Работа выполнена в рамках реализации гранта Правительства РФ (Постановление №220), полученного ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», договор №14.Z50.31.0010, проект «Древнейшее заселение Сибири: формирование и динамика культур на территории Северной Азии».

В настоящее время в археологии применяются две различные технологии трехмерной фиксации – лазерное сканирование и наземная фотограмметрия. В сравнении с фотограмметрией лазерное сканирование обеспечивает большую точность, однако требует применения дорогостоящего оборудования и сопоставимого по стоимости программного обеспечения. Кроме того, применение лазерных сканеров в полевых условиях может оказаться затруднительным и требует специальных навыков и знаний. Фотограмметрия позволяет получить пригодные для дальнейшего использования трехмерные модели без специального оборудования и навыков – для ее проведения нужна только цифровая камера среднего уровня и ПК со специализированным программным обеспечением.

Целью данной работы является рассмотрение особенностей этапов фотограмметрии, а также иллюстрация их практического осуществления в ходе получения трехмерной модели на конкретном археологическом материале.

Материалы и методы

Фотограмметрия в широком смысле представляет собой техническую дисциплину, занимающуюся определением размеров, формы и положения объектов по их изображениям на фотоснимках [Баранов, 1999, с. 87]. Методы фотограмметрии нашли применение в археологии еще в доцифровую эпоху и главным образом были связаны с анализом материалов аэрофотосъемки [Сингатулин, 2013]. Развитие вычислительной техники дало мощный импульс к развитию методов фотограмметрии и сделало возможным автоматизированную обработку изображений с помощью персонального компьютера, что увеличило ее доступность и существенно расширило пределы технологии. На данный момент сочетание цифровой фотосъемки и специализированного программного обеспечения позволяет создавать детализированные трехмерные модели как отдельных объектов (остатков сооружений, погребений, развалов сосудов и т.д.), так и целых участков местности [Зайцева, 2014, с. 11–19]. Таким образом, несмотря на то, что сам термин «фотограмметрия» имеет достаточно широкое значение, мы будем понимать под ним метод построения трехмерных моделей объектов с помощью компьютерной обработки цифровых снимков.

Процесс получения трехмерной модели при помощи фотограмметрии можно разделить на два этапа – съемку и обработку полученных фотографий. На этапе съемки делается несколько серий фотографий, как бы опоясывающих объект и покрывающих его поверхность со всех ракурсов (рис. 1). Каждый следующий кадр серии должен пересекаться с предыдущим как минимум на 30%, что позволит программному обеспечению объединить снимки. Поскольку при расчете геометрии модели используется метод триангуляции, каждая точка объекта должна присутствовать как минимум на трех фото. Чем больше подобных точек будет найдено, тем точнее будет модель. После съемки достаточного количества серий общего плана, позволяющих захватить геометрию объекта, необходимо дополнительно крупным планом снять все значимые детали, чтобы они корректно отобразились на готовой модели. Объект должен быть освещен равномерно, без жестких теней или бликов. При полевых съемках наилучший результат можно получить при съемках в пасмурную погоду, поскольку именно при таких условиях освещение позволяет добиться желаемого отсутствия теней и бликов.

Программное обеспечение может работать с любыми цифровыми изображениями, и для съемок теоретически подойдет любая цифровая камера, однако качество снимков

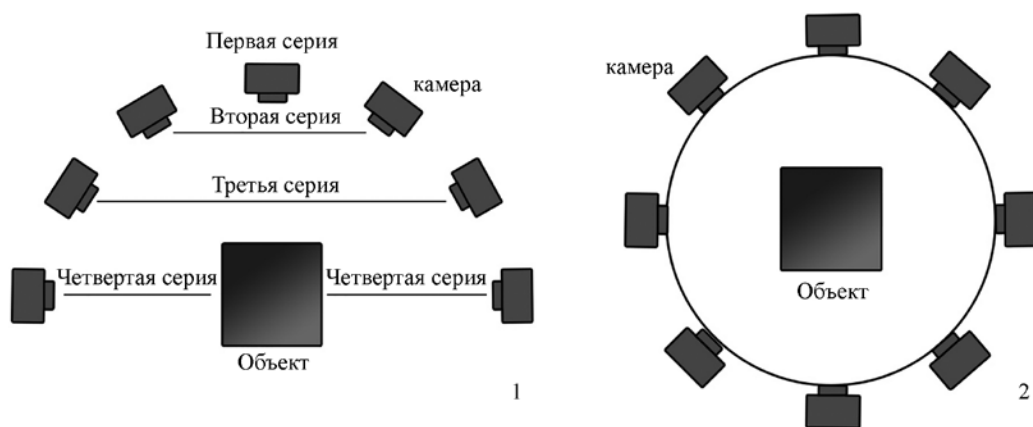


Рис. 1. Позиции камеры при съемке объекта: 1 – фронтальный вид на траектории камеры при съемке серий снимков; 2 – вид сверху на позиции камеры при съемке второй, третьей и четвертой серии

напрямую влияет на итоговый результат, поэтому считается оптимальным использование зеркальной камеры среднего уровня и выше. Выбор объектива также важен, и по возможности необходимо отдавать предпочтение широкоугольным объективам с фиксированным фокусным расстоянием, поскольку они имеют большую глубину резкости, т.е. расстояние между передней и задней границами резко изображенного пространства. Крайне нежелательно использование теле- и сверхширокоугольных объективов, поскольку первые по причине недостаточной глубины резкости дают программному обеспечению меньше информации об объектах, нежели обычные широкоугольные объективы, а вторые искажают изображение по краям снимка, что приводит к резкому ухудшению качества захвата геометрии и, как следствие, снижению точности построения модели. При использовании объектива с переменным фокусным расстоянием не следует изменять уровень зума на протяжении всей съемки, поскольку это приводит к затруднению поиска общих точек на снимке и также ухудшает результат. Однако все указанные пункты легко выполнимы, и при четком соблюдении методики съемок фотограмметрия позволяет добиться качества сканирования, близкого к получаемому при использовании лазерного сканирования [Грэндорж, Рено, 2016].

Полученные результаты и их обсуждение

Применение технологии, а также методику обработки готовых фотографий можно проиллюстрировать на примере съемки керамического сосуда (рис. 2.-1) периода ранней бронзы, найденного при исследовании памятника Телеутский Взвоз-1 [Грушин, Леонтьева, 2015, рис. 4.-2]. Как уже было отмечено выше, при съемках главной целью является полное покрытие площади объекта. В ходе работ была произведена съемка четырех серий снимков, описывающих замкнутые окружности вокруг сосуда. Поскольку при съемке в кадр не попала донная часть, была произведена съемка дополнительных трех серий, покрывающая ее и внешнюю часть сосуда. Дополнительные снимки были сделаны с различных ракурсов с целью передать различные детали, такие как неровности поверхности, орнаментация и т.д. Всего было сделано 174 снимка разрешением 4928 на 3264 пикселей (рис. 2.-2).

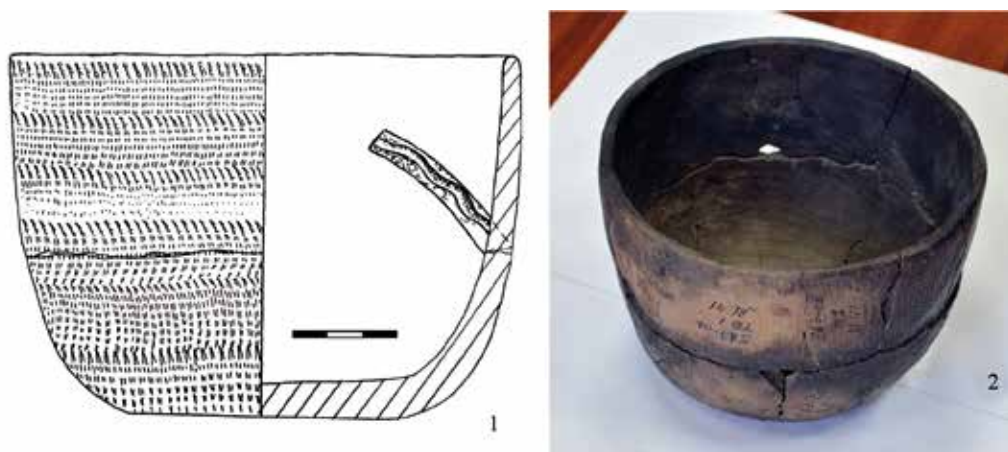


Рис. 2. Виды сосуда: 1 – графическое изображение; 2 – фотоснимок из третьей серии

Полученные изображения были импортированы в приложение Agisoft PhotoScan. Перед началом поиска общих точек на каждое изображение была наложена маска, отделяющая объект от остального фона. Использование масок позволяет «склеить» точки, снятые на верхней и нижней части сосуда. На этапе построения модели первой выполняется команда «выравнивание камер», позволяющая определить положения камер в пространстве. При выравнивании значения «максимальное количество точек» и «максимальное количество проекций» были выставлены на 0, что обозначает отсутствие ограничений по их количеству. Точность установлена на «высокую». Следующим этапом идет построение плотного облака точек, на основе которого впоследствии будет построена модель (рис. 3). На этом этапе параметр фильтрации карт глубины установлен на «мягкая», что повышает точность построения облака при наличии мелких деталей и сложной геометрии [Sapirstein, Murray, 2017]. Далее происходит построение модели, при котором указываются параметры типа поверхности (произвольный) и устанавливается количество полигонов (высокое, 90000). На заключительном этапе происходит построение текстуры, при котором тип текстуры устанавливается на «мо-

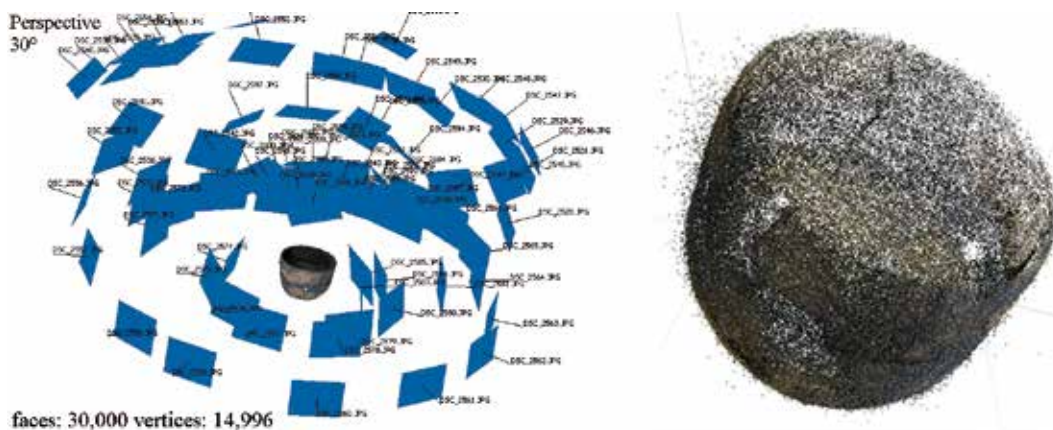


Рис. 3. Плотное облако точек, полученное при обработке фотографий

заика», что позволяет программе строить текстуру каждого отдельного участка объекта на основе наиболее подходящих фото, тем самым сохраняя мелкие детали.

В результате была получена модель сосуда, которую можно импортировать в форматы 3ds или fbx для последующего редактирования в трехмерных редакторах или САПР. Измерения модели можно проводить в самом PhotoScan, без импорта в другие приложения. Для этого достаточно создать маркеры двух точек, расстояние между которыми известно, и задать для них масштабную линейку, после чего любые расстояния между маркерами будут рассчитываться на основе этого значения. Получившаяся модель полностью сохраняет структуру и пропорции оригинального сосуда, при ближайшем рассмотрении отчетливо видна орнаментация в виде гребенчатой качалки. Кроме того, была сохранена сложная геометрия сосуда, вызванная отсутствием участков донной части и стенок (рис. 4). Необходимо заметить, что текстура модели сосуда на некоторых участках имеет небольшие размытия, в то время как большая часть поверхности передана фотографически четко. Это связано с недостаточной четкостью некоторых снимков, вызванной условиями съемки – она производилась с рук без использования внешней вспышки и штатива. Следовательно, стоит рассмотреть возможность их использования в дальнейших исследованиях.



Рис. 4. Готовая трехмерная модель с различных ракурсов

Заключение

Таким образом, фотограмметрия не требует значительных финансовых и временных затрат и вместе с тем представляет собой надежный и точный способ фиксации объектов, не требующий от пользователя какой-либо специальной подготовки. Стоит отметить, что, как и у любой другой технологии, фотограмметрия имеет ряд недостатков, к которым можно отнести трудности в распознавании движущихся объектов, что может сказаться на качестве результата при съемке участков местности с высокой травой. Также затруднительна съемка отражающих и прозрачных поверхностей, таких как лужи. В случае, если участок съемки будет сырым после дождя, получить пригодные для дальнейшего использования данные затруднительно [Sapirstein, Murray, 2017]. Однако в целом эти издержки незначительны в сравнении с очевидными плюсами методики, к которым можно отнести дешевизну, мобильность, доступность и, как следствие – широкие перспективы для внедрения технологии в практику археологических исследований. При всем этом фотограмметрия не является заменой традиционным методам, а скорее дополняет уже существующие, увеличивая скорость фиксации и улучшая качество информации.

Трехмерная фиксация позволяет существенно увеличить возможности публикации материалов раскопок и расширить круг исследователей, имеющих возможность изучить объект, что делает процесс исследования более объективным. Кроме того, возможна привязка готовых моделей к популярным системам координат, что позволяет интегрировать их с геоинформационными системами, а также выполнять на основе моделей любые измерения, чертежи и реконструкции. Отдельного упоминания заслуживает возможность оцифровки фрагментов керамики с целью реконструкции сосудов при помощи трехмерного принтера [Barreau, Bruniaux, 2014]. На данный момент широкое внедрение фотограмметрии в практику археологических исследований затрудняется отсутствием специализированной методической литературы, однако остается надеяться, что в скором будущем сложившаяся ситуация изменится.

Библиографический список

- Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика: толковый словарь основных терминов. М. : ГИС-Ассоциация, 1999. 204 с.
- Грушин С.П., Леонтьева Д.С. Грунтовый могильник Телеутский Взвоз-1 (результаты исследования 2002 г.) // Известия Алтайского государственного университета. 2015. Вып. 4/2 (88). С. 50–56.
- Грэндорж Ф., Керивен Р., Новел С., Пу Ф. Сравнение методов аэрофотограмметрии и трехмерного лазерного сканирования для создания трехмерных моделей сложных объектов // CADmaster. 2016. №2 (84). С. 102–106.
- Зайцева О.В. «3D-революция» в археологической фиксации в российской перспективе // Сибирские исторические исследования. 2014. №14. С. 11–19.
- Зайцева О.В. 3D-фиксация и визуализация результатов археологических раскопок: сравнение методик трехмерного сканирования и неземной фотограмметрии // Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда в Казани. Т. IV. Казань : Отечество, 2014. С. 300–302.
- Руководство пользователя Agisoft PhotoScan: Professional Edition, версия 1.2 [Электронный ресурс]. URL: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf
- Сингатулин Р.А. Фотограмметрические технологии в археологии (краткий исторический очерк) // Исторические, философские, политические и юридические науки, культурология и искусствоведение. Вопросы теории и практики. Тамбов : Грамота, 2013. №3. С. 148–152.
- Philip Sapirstein, Sarah Murray. Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork // Journal of Field Archaeology. Boston, 2017. Pp. 337–350.
- Barreau J.-B., Nicolas T., Bruniaux G., Petit E., Petit Q., Gagne R., Gouranton V. Ceramics Fragments Digitization by Photogrammetry, Reconstructions and Applications // International Conference on Cultural Heritage, EuroMed, 2014. Pp. 547–554.

References

Baranov Ju.B., Berljant A.M., Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Serapinas B.B., Filippov Ju.A. Geoinformatika: tolkovyj slovar' osnovnyh terminov [Geoinformatics: an Explanatory Dictionary of Basic Terms]. M. : GIS-Associacija, 1999. 204 p.

Grushin S.P., Leont'eva D.S. Gruntovyj mogil'nik Teleutskij Vzvoz-I (rezul'taty issledovanija 2002 g.) [The Teleutsky Vvoz-I Burial Ground (results of the 2002 survey)]. Izvestija Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. Vyp. 4/2 (88) [Izvestia of Altai State University. 2015. Vol. 4/2 (88)]. Pp. 50–56.

Grjendorzh F., Keriven R., Novel S., Pu F. Sravnenie metodov ajerofotogrammetrii i trehmernogo lazernogo skanirovanija dlja sozdanija trehmernyh modelej slozhnyh ob'ektov [3D Laser Scanning for Creating Three-Dimensional Models of Complex Objects]. CADmaster. 2016. №2 (84). Pp. 102–106.

Zajceva O.V. "3D revoljucija" v arheologicheskoj fiksacii v rossijskoj perspektive ["3D-Revolution" in Archaeological Fixation in the Russian Perspective]. Sibirskie istoricheskie issledovanija [Siberian Historical Research]. 2014. №14. S. 11–19.

Zajceva O.V. 3D-fiksacija i vizualizacija rezul'tatov arheologicheskikh raskopok: sravnenie metodik trehmernogo skanirovanija i nezemnoj fotogrammetrii [3D-Fixation and Visualization of the Results of Archaeological Excavations: a Comparison of 3D Scanning Techniques and Unearthly Photogrammetry]. Trudy IV (XX) Vserossijskogo arheologicheskogo s'ezda v Kazani [Proceedings of the IV (XX) All-Russian Archaeological Congress in Kazan]. Vol. IV. Kazan' : Otechestvo, 2014. Pp. 300–302.

Rukovodstvo pol'zovatelja Agisoft PhotoScan: Professional Edition, versija 1.2 [Manual for Agisoft PhotoScan: Professional Edition, Version 1.2]. [Jelektronnyj resurs]. [Electronic Resource]. URL: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_ru.pdf

Singatulin R.A. Fotogrammetricheskie tehnologii v arheologii (kratkij istoricheskij ocherk) [Photogrammetric Technologies in Archaeology (a short historical essay)]. Istoricheskie, filosofskie, politicheskie i juridicheskie nauki, kul'turologija i iskusstvovedenie. Voprosy teorii i praktiki [Historical, Philosophical, Political and Legal Sciences, Culturology and Art History. Questions of Theory and Practice]. Tambov : Gramota. 2013. №3. Pp. 148–152.

Philip Sapirstein, Sarah Murray. Establishing Best Practices for Photogrammetric Recording During Archaeological Fieldwork // Journal of Field Archaeology. Boston, 2017. Pp. 337–350.

Barreau J.-B., Nicolas T., Bruniaux G., Petit E., Petit Q., Gagne R., Gouranton V. Ceramics Fragments Digitization by Photogrammetry, Reconstructions and Applications // International Conference on Cultural Heritage, EuroMed, 2014. Pp. 547–554.

S.P. Grushin, I.A. Sosnovsky

Altai State University, Barnaul, Russia

PHOTOGRAMMETRY IN ARCHAEOLOGY – POSSIBILITIES AND METHODS

The article considers the methods of photogrammetry for making three-dimensional models of archaeological objects research. Three-dimensional fixation has a number of benefits as it allows saving lot more information in comparison with traditional methods. Photogrammetry allows making such fixation without high – priced specialized equipment. All that is needed for photogrammetry is a mid-range DSLR camera and PC with special software. The stages of photogrammetry application are illustrated on the example of the filming of an early Bronze Age ceramic vessel from the Teleutskiy Vzvoz-I settlement. At the first stage to cover the whole area of the object, a series of filming was made. Than pictures was processed with the use of the Agisoft Photoscan software, which made a dense cloud, and further a complete textured three-dimensional model possessing all spatial characteristics of original vessel. The using of three-dimensional filming has wide opportunities in archaeology, because it allows saving far more information, provides wider possibilities of information analysis and publication which makes research complete.

Key words: 3D fixation, photogrammetry, ceramic vessels, early bronze age.