

УДК 903.24; 004.9

О НЕКОТОРЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ СТЕРЕОФОТОГРАММЕТРИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МАССОВОГО КЕРАМИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

© 2010 Р.А. Сингатулин

Педагогический институт Саратовского государственного университета

Поступила в редакцию 22.04.2010

В статье рассматриваются особенности применения стереофотограмметрических технологий комплексного характера при полевых и камеральных исследованиях массового керамического материала, приводятся примеры применения стереофотограмметрических технологий при реконструкции форм сосудов на основе компьютерного анализа оптико-геометрических характеристик фрагментов.

Ключевые слова: археологическая керамика, информационные технологии, стереофотограмметрия.

В зарубежной практике археологических исследований стереофотограмметрические методы успешно применяются на протяжении последних десятилетий.¹ В отличие от зарубежного опыта, в отечественной археологии стереофотограмметрические технологии из-за сложности применяемых методик и использования специальной информационно-измерительной аппаратуры не получили широкого распространения. Однако в последние годы стереофотограмметрические технологии нередко используются в условиях городской застройки, когда необходимо получить детализированный топографический план раскопа, провести измерение изучаемых объектов и пространственно интерпретировать их относительно других объектов.² Вместе с тем в методическом отношении для стереофотограмметрических технологий характерно сочетание полевых и камеральных работ. Если полевое стереофотограмметрическое исследование заключается в сплошном или выборочном обследовании территории с установлением необходимых сведений при непосредственном изучении археологических объектов, то камеральное стереофотограмметрическое исследование предусматривает определение изучаемых объектов по признакам, на основе анализа стереопар фотоснимков с использованием справочных данных, эталонов и др. Поэтому с точки зрения стереофотофиксации и последующей фотограмметрической обработки самых различных археологических объектов особенно актуальным становится исследование массового керамического материала. Использование методов стереофотограмметрии позволяет с высокой степенью детализации провести измерение фрагмента керамики в слое и пространственно интерпретировать его относительно других фрагментов или объектов, причём такие исследования могут быть проведены с помощью инфракрасной или радиотепловой аппаратуры дис-

танционно, без нарушения культурного слоя.

Первоочередные задачи комплексного исследования массового керамического материала с помощью стереофотограмметрических технологий можно свести к следующему:

а) опережающая, дистанционно-неконтактная мультиспектральная стереофотограмметрия участка археологических исследований – обнаружение, классификация и фиксация координат находок в слое, их формы и состояния;

б) селекция фрагментов керамики по коэффициенту отражения, оптико-геометрическим и другим признакам, регистрация в базе данных полевых исследований;

в) цифровая реконструкция формы сосудов по их фрагментам (из базы данных);

г) измерение формы и детализация поверхности сосуда (трёхмерная цифровая модель), регистрация в электронной базе данных.

В соответствии с этими задачами реализуются решения новыми методами с более объективными критериями.³ Так, использование мультиспектрального дистанционно-неконтактного зондирования способствует более точному опознаванию оптико-геометрических, термографических и иных характеристик, позволяет получать синхронные изображения археологических объектов в различных зонах спектра. Анализ отражающих свойств, оптико-геометрических характеристик фрагментов керамики может быть ключевым, особенно при обработке фрагментов одного и того же сосуда при работе в слое, когда исследования сопровождаются инфракрасной или радиотепловой аппаратурой, с широким диапазоном рабочих частот. В инфракрасном диапазоне отчётливо выделяются термографические признаки соответствующих типов фрагментов керамики.⁴ Несколько изображений одного и того же поля, полученного с помощью таких стереофотограмметрических систем в течение определенного времени, можно представить в виде трёхмерной модели. Такое представление вводит дополнительную степень свободы, обеспечивает более точную визуализацию, даёт кар-

*Сингатулин Рустам Адыгамович, кандидат исторических наук, зав. лабораторией информационных технологий в естественно-научных и гуманитарных исследованиях.
E-mail: rtulin@rambler.ru*

тину расположения и распределения фрагментов по площади и глубине. Очевидно, что селекция фрагментов, анализ механики разрушения сосудов с помощью данных стереофотограмметрии позволит не только учитывать динамику распределения керамики в целом, но и селекцию разброса фрагментов частей одного сосуда. Это позволит в дальнейшем использовать зарегистрированный материал для распознавания объектов сопоставлением, при помощи компьютера, закодированных форм, размеров и плотности фототона полученного изображения и эталонного, реконструировать сопутствующие им явления или события. Так, например, компьютерный анализ фотограмметрических данных, остатков гончарной продукции с Увекского городища⁵ при исследовании механики разрушения сосудов позволит выявить пространственный разброс фрагментов однотипной керамики: от исходного положения в восточном, северо-восточном направлениях, совпадающих с направлением движения катастрофического оползня, произошедшего в середине XIV вв. Благодаря использованию стереофотограмметрических технологий были получены уникальные данные по динамике и структуре древнего оползня.⁶

Анализ будет более полным, если будут учитываться данные других исследований, например, материалы ранее выполненных археологических, геофизических, геоэкологических и др. исследований, а также базовые данные, составляющие основу ГИС: электронные карты, цифровые модели рельефа и т.п. Это позволит получить целостную характеристику археологического памятника сопоставлением различных компонентных карт, сопряжённых с мультиспектральной стереофотосъёмкой, и расчленением территории на участки, обладающими определёнными свойствами (например, концентрацией однотипной керамики, позволяющей классифицировать данный выдел как специализированный гончарный центр). Важно отметить, что и последние инициативы Европейского Союза в области исследования культурного наследия направлены на стереофотограмметрическую обработку картографической информации, трёхмерную съёмку выявленных объектов, их текстуры, отражающих свойств и других данных по объекту исследований, позволяющих воссоздать расширенную реальность с визуальным распознаванием местоположения (виртуальная археология), идентифицировать опорные признаки, свойства и материалы трёхмерных археологических объектов.⁷ Это позволит перейти на новый качественный уровень отображения и фиксации археологической информации.⁸

Отдельной особенностью применения стереофотограмметрических технологий при исследовании археологической керамики является возможность быстрого и качественного измерения формы фрагментов с последующей программной рекон-

струкцией гончарного сосуда. Необходимый уровень точности и качество инструментальных измерений (особенно при трёхмерной реконструкции сосудов) достигаются с помощью координатно-измерительных систем, широко используемых в машиностроении. Эти системы, в конструкциях которых используются стереофотограмметрические принципы, способны обеспечивать высокую точность и скорость измерения различных сложных объектов и структур. Вместе с тем сформированная на такой аппаратуре информация о размере имеет свои погрешности, связанные с погрешностью размещения керамического изделия на базирующую поверхность, положением и формой измерительных и основных элементов и др. Кроме того, для обеспечения точности позиционирования, а также для предотвращения наклона, отрыва или разворота изделия относительно базирующей поверхности в конструкции измерительной системы часто вводят подпружиненные упоры, которые вызывают нежелательные колебания и деформацию измеряемого изделия. Использование в измерительной системе элементов конструкции гончарного круга с нижней базирующей поверхностью и верхним пневматическим конусно-кольцеобразным регулируемым упором обеспечивает оптимальную установку измеряемого изделия, особенно в тех случаях, когда необходимо произвести трёхмерное измерение координат точек поверхности сосуда (аналогичное устройство было создано и использовано при виброакустических исследованиях археологической керамики лабораторией Пединститута Саратовского государственного университета совместно с Саратовским государственным техническим университетом и Институтом археологии Национальной Академии наук Украины в 2002-2004 гг.). При вращении гончарного сосуда происходит относительное перемещение сенсора (входящего в состав стереоскопического блока) вдоль измеряемой поверхности, и для каждого положения устройства производится запись пары стереоскопических изображений, которые передаются на блок обработки. Результатом такой обработки стереопары является вектор измерений трёхмерных координат точек поверхности.

Задача измерения сосуда существенно затрудняется при отсутствии его отдельных частей. В то же время при исследованиях, связанных с реконструкцией археологической керамики по её фрагментам, в настоящее время накоплен достаточно большой опыт.⁹ Причём использование стереофотограмметрических систем на основе оптико-геометрического синтеза и специализированных программных продуктов позволяет проводить такие исследования в автоматизированном режиме и на более качественном уровне. Архитектура такой системы оптико-геометрического синтеза основана на иерархическом упорядочении эвристик поиска комплементарных пар фрагментов керамики, т.к. оптико-геометрические характеристики приносят достаточную

информацию, определяемую микротекстурой поверхности, декором, трасологическими структурами и взаимным расположением фрагментов. Данный подход был успешно реализован в лаборатории информационных технологий Педагогического института СГУ, и его возможности были продемонстрированы на прошедшей в 2006 г. III Международной научной конференции, посвящённой 75-летию Г.А. Фёдорова-Давыдова (г. Москва), и в 2007 г. на Учредительном съезде Международного Конгресса средневековой археологии евразийских степей (г. Казань). Программный механизм разработанной системы был реализован на базе среды разработки экспертных систем CLIPS (функциональный язык программирования). Были реализованы независимые пакетные программы, связанные с селективной выборкой фрагментов керамики, анализом гистограмм, численными расчетами на языке Turbo Pascal 7.0, построением трёхмерной модели сосуда и др. Для создания прототипа была проведена формализация некоторых эвристик, относящихся к качественному анализу формы трасологических образований и термографических характеристик изображений. На практике производилась стереофотограмметрическая съёмка атрибутивных фрагментов керамики, на основании которых строилась 3D-модель сосуда, заполняемая зафиксированными фрагментами. Основной акцент был направлен на пользовательский интерфейс, позволяющий в доступной форме производить автоматизированную обработку фрагментов керамики с помощью обычного планшетного сканера. Полученные результаты – десятки реконструированных сосудов из археологических сборов 2002-2006 гг. (Увекское городище) – позволяют сделать вывод о целесообразности применения пакетных стереофотограмметрических программных алгоритмов при реконструкции гончарных изделий, которые значительно упрощают камеральную обработку массового материала, повышают качество и достоверность исследования археологической керамики. В настоящее время стереофотограмметрические технологии являются наиболее отработанным продуктом, позволяющим эффективно проводить исследования комп-

лексного характера как на всей территории археологического памятника, так и по отдельным объектам культурного наследия.

ПРИМЕЧАНИЯ

- 1 Archaeological Propection. Forth-International Conference on Archaeological Propection. Vienna / Eds. Doneus M. et al. Wien, 2001; *Смит Б.* Исследовательская деятельность ЕС в области культурного наследия // VI межд. конф. EVA. 2003. Moscow. URL: <http://www.evarussia.ru> (дата обращения 20.03.2010).
- 2 *Singatuliu R.A., Rashitov F.A.* The Project Virtual UKEK // EVA 2005 Florence Electronic Imaging & the Visual Arts. URL: <http://vasari.co.uk/eva/florence> (дата обращения 15.03.2010).
- 3 *Сингатулин Р.А., Плотников П.К., Рамзаев А.П.* Структура и функционирование инерциальной термографической системы стереосъёмки и идентификации археологических следов и объектов // Мат. VIII Санкт-Петербургской межд. конф. по интегрированным навигационным системам. СПб.: ЦНИИ "Электроприбор", 2001. С.236-238.
- 4 *Plotnikov P.K., Singatuliu R.A., Ramzaev A.P., Dremov I.I.* Application of method of infra-red photogrammetry for identification of underground archaeological tracks and rests of constructions in urbanist's conditions // IV International Symposium "Turkish-German Joint Geodetic Days". Berlin: Grunding, 2001. P.339-345.
- 5 *Сингатулин Р.А.* К вопросу об особенностях гончарного производства на территории Укека (по результатам палеофотографических исследований фрагментов гончарной керамики) // Из археологии Поволжья и Приуралья. Казань: КГУ, 2003. С.227-229.
- 6 *Иванов А.В., Браташова С.А., Сингатулин Р.А.* Эколого-геологические аспекты гибели средневекового города Укека // Недра Поволжья и Каспия. Саратов: НВНИ-ИГТ, 2005. С.56-68.
- 7 *Wurlander R., Gruber M., Mayer H.* Photorealistic terrain visualization using methods of 3D-computer-graphics and digital photogrammetry. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol.XXXI. Vienna, 1996. P.972-977.
- 8 *Смит Б.* Исследовательская деятельность ЕС в области культурного наследия // VI межд. конф. EVA. 2003. Moscow. URL: <http://www.evarussia.ru> (дата обращения 18.03.2010).
- 9 *Беговатов Е.А., Кочкина А.Ф.* О восстановлении размеров сосудов по фрагментам // Восточноевропейский археологический журнал. №1. 1999. URL: <http://archaeology.kiev.ua/journal> (дата обращения 15.03.2010); *Urbanczyk P.* Rec.: Orion C.R. An experiment in the Mathematical Reconstruction of the Pottery from a Roman-British kiln Site at Highgate Wood // Bull. Inst. Archaeol. №11. 1973 // Archaeologia Polski. T.28. 1983. P.204.

SOME POSSIBILITIES OF STEREOPHOTOGRAMMETRY TECHNOLOGIES IN THE RESEARCH OF CERAMIC MATERIAL

© 2010 R.A. Singatuliu

Teachers' Training Institute of Saratov State University

In the article the author analyzes some features of application of complex stereophotogrammetry technologies in the and cameral research of a mass ceramic material. The application of these technologies is shown on the example of the vessel form reconstruction on the basis of the computer analysis of the optic-geometrical characteristics of fragments.

Key words: archaeological ceramics, information technologies, stereophotogrammetry.

*Rustam Singatuliu, Candidate of History, Head of Laboratory of Information Technologies in Science and Humanities.
E-mail: rtulin@rambler.ru*