



УДК 912.4

Александр ПИГИН,
научно-технический консультант
СП «Кредо-Диалог» ООО,
кандидат технических наук
Ирина РАК,
доцент кафедры
инженерной геодезии
УО «Белорусский национальный
технический университет»,
кандидат технических наук

Геодезическое сопровождение археологических работ

В статье авторы на примере археологических объектов предлагают решение задач по трансформации архивных карт, восстановлению координатной среды с применением программы CREDO. Рассмотренные методы могут быть использованы специалистами применительно к другим объектам, не связанным с археологией

Введение

В общем случае топографо-геодезическое обеспечение археологических исследований, ведущихся на крупных памятниках, как правило, многие десятилетия, включает решение следующих задач:

- объединение и сохранение в едином координатном пространстве материалов исследований (планов) разных лет;
- создание материалов, обеспечивающих постановку на учет ОКН, установление статуса землепользования;

- создание материалов, обеспечивающих планирование и проведение дальнейших перспективных исследований территории памятников и ближайших окрестностей;

- подготовка топографической основы для разработки концепции и проектирования музеефикации памятников;

- не менее значимой задачей является корректное использование топографических и картографических данных для интерпретации и комплексного исторического анализа материалов археологических и исторических исследований.

Авторами на протяжении пяти сезонов в рамках Экспедиции CREDO¹ выработаны основные требования

¹ Экспедиция CREDO – ежегодно организуемая на волонтерских началах компанией Кредо-Диалог практическая работа студентов геодезических вузов на археологических объектах Восточно-Боспорской экспедиции, Керченского историко-культурного заповедника.

к составу и результатам топографо-геодезических работ на археологических памятниках [1-4]. Разработаны и внедрены технологии производства полевых и камеральных работ в масштабах 1:50 – 1:2000 с учетом специфики археологических исследований, отработана методика использования разнообразных картографических материалов (от карт XVIII века до материалов современных наземных съемок и спутниковых снимков).

В предлагаемой статье из общего ряда задач топографо-геодезического обеспечения археологических работ приводятся примеры решения двух задач – использования в историческом анализе архивных картографических материалов в сочетании с современными данными и восстановления координатной среды на объекте.

Трансформация в единое координатное пространство архивных карт

Для реконструкции боев 386-го отдельного батальона морской пехоты в составе Эльтигенского десанта, проходивших в ноябре-декабре 1943 г. возле г. Керчи, потребовалось однозначное определение некоторых высот и местоположения противотанкового рва [5].

Для решения этой задачи имелись следующие картографические материалы: карты Генштаба РККА 1932-1941 гг., карты конца 40-х и 80-х гг. прошлого века, спутниковые снимки картографических серверов Google и Yandex и археологические планы круп-

ных масштабов.

Математическая основа названных материалов разная. Так, они были представлены в системах координат СК-32, СК-42, СК-63 в поперечно-цилиндрической проекции на эллипсоидах Бесселя и Красовского, местной (г. Керчи) карте, с серверов Yandex и Google в WGS84 с изображением в проекциях Меркатора и поперечно-цилиндрических на сфероиде.

Использование таких различных материалов невозможно без приведения его в единую координатную среду с обеспечением неизменности масштаба по всей площади каждого документа.

И если преобразование координат материалов, представленных в системах координат СК-42, СК-63, является элементарной задачей, то для картматериалов в других системах координат потребовались определенные исследования.

Карты Генштаба РККА составлены в системе координат СК-32 на эллипсоиде Бесселя, с недостаточно точным определением датума². Поэтому в работе применен экспериментально установленный [6] датум (преобразование по методу Молоденского с коэффициентами 382, 151, 574) и далее использованы 7 параметров преобразования Гельмерта с датумом УСК2000³ [7].

² Датум – параметры пространственной референционной системы координат и общеземной (WGS84, ITRF, ПЗ90).

³ УСК – украинская система координат.

Дополнительно результаты преобразования контролировались по одноименным твердым точкам.

Для работы с материалами в местной системе координат (г. Керчи) был определен ключ систем координат для связи с СК-42(63), для чего использовались 12 пунктов, представленных в СК-63 и в системе координат г. Керчи.

Пересчет этих картографических сервисов, предоставляющих данные в WGS84 на эллипсоиде WGS84 (карты Google и Yandex), производился по семи параметрам преобразования Хельмерта с датумом УСК2000.

Все расчеты выполнялись в системе CREDO ТРАНСКОР.

Для подготовки к совмещению и анализу растровых картографических материалов была применена технология нелинейной трансформации картографических фрагментов и схем по группам опорных точек с задаваемыми координатами, позволяющая представить разнородные (в разных системах координат), частично деформированные и разномасштабные материалы в едином однородном координатном пространстве. Решение таких задач обеспечивалось системой CREDO ТРАНСФОРМ.

Растры топографических карт были трансформированы в систему координат г. Керчи по рассчитанным координатам углов трапеций (В, L), крестам координатной сетки плоских координат с контролем по положению пунктов триангуляции, координаты которых были получены из каталогов или определены графически.

Спутниковые снимки были загружены из репозитория Google и Yandex с помощью системы SAS.Планета⁴, в которой предварительно расставляются опорные и контрольные метки. Координаты меток пересчитываются в нужную систему координат по таким опорным точкам, затем производится трансформация снимков в рабочую систему координат.

Археологические планы в крупных масштабах (М 1:50, М 1:100) были привязаны и трансформированы по результатам координирования характер-

ных точек плана наземными методами с использованием тахеометров и спутниковых приемников. Для совмещения и последующего анализа приведенных в единое координатное пространство картографических данных были использованы функциональные возможности программы CREDO ТОПОПЛАН.

Один из примеров использования описанной технологии – однозначное определение точки, фигурирующей в документах и мемуарах как Высота 37.4 (далее – Высота). Эта высота с прилегающими небольшими курганами стала местом жестоких боев, особенно в первые дни высадки десанта, неоднократно переходила из рук в руки [8]. Она называлась «Высота Толстова». *«Бронбойщик Толстов с нее отбивал атаки. Три танка поджег – не пустил. Вдвоем остались с напарником – держат высоту. Пришлось помочь. Нужная высотка»* [9].

Определение местоположения Высоты произведено путем совмещения топографических карт М 1:100000 (довоенная), М 1:25000 (послевоенная) и М 1:5000 (80-х гг. прошлого века).

Окончательную точку в установлении местоположения Высоты поставило совмещение трансформированных схем из фундаментальной работы А.Я. Кузнецова [8], где положение Высоты практически точно легло на ее положение на картах (рисунок 1). Следует отметить, что несмотря на кажущуюся простоту изображения на схемах в работе А.Я. Кузнецова, трансформация по опорным точкам показала высокую (40-50 м, или 0,5 мм плана) точность взаимного положения основных опорных точек этих схем, что позволяет использовать их в картографическом анализе ситуации на плацдарме.

Топографическая съемка 2013 г. (рисунок 2) подтверждает, с учетом разницы Черноморской и Балтийской систем высот, отметку Высоты [10]. Координаты Высоты в системе координат WGS84 – 45°14'14.8", 36°24'22.5".

Восстановление координатной среды на объекте

Координатная среда на раскопках необходима для выполнения мониторинга работ, фиксации положения найденных артефактов. Как правило, она представлена в виде прямоугольной сетки квадратов, аналогич-

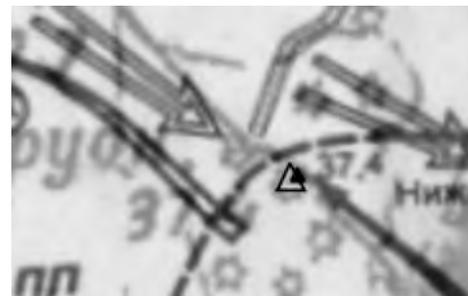


Рисунок 1 – Фиксация положения Высоты 37.4 на совмещенных карте М 1:100000 и схеме из работы А.Я. Кузнецова

ной строительной сетке (естественно, с гораздо меньшим шагом).

С задачей восстановления координатной системы археологи сталкиваются постоянно в связи с продвижением раскопа и, соответственно, уничтожением и утерей части (а то и всех) пунктов, а также в связи с консервацией и расконсервацией объекта на зимний и летний периоды.

На рассматриваемом объекте – Храмовый комплекс Вестник – от сетки квадратов, разбитой в ходе работ в предыдущем году, осталась только схема. И первым шагом в восстановлении утраченной сетки стало выполнение привязки растрового файла – схемы раскопа – в программе CREDO ТРАНСФОРМ.

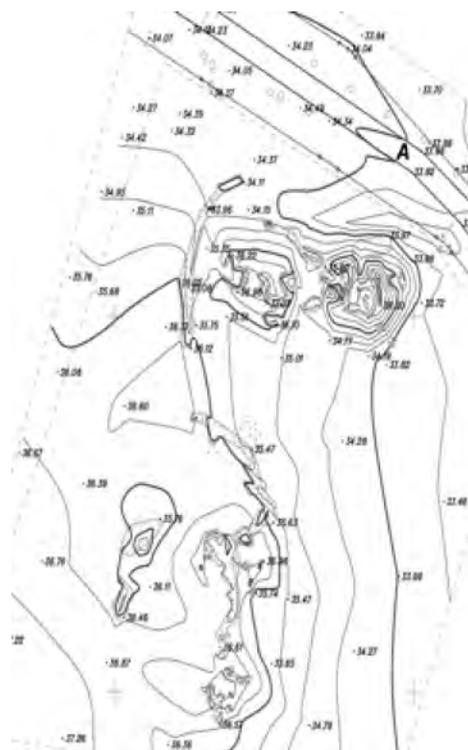


Рисунок 2 – Топографический план узла обороны у Высоты 37.4 (2013 г.)

⁴ SAS.Планета – бесплатно распространяемая навигационная программа, объединяющая в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности большого количества картографических online-сервисов.



Рисунок 3 – Назначение опорных точек в программе Credo ТРАНСФОРМ

С учетом размеров квадратов 5×5 м были назначены опорные точки в системе координат раскопа (рисунок 3).

Далее трансформированный растр был подгружен в программу Credo DAT, на нем были выбраны наиболее характерные, четко опознаваемые на местности точки и определены их координаты в системе координат раскопа (рисунок 4).

На объекте с использованием теодолита и рулетки на эти точки были произведены измерения с двух временных пунктов полярным способом. Полученные результаты измерений были введены в новый проект системы Credo DAT и сделано вычисление координат снятых точек в условной (произвольной) системе координат (рисунок 5).

Параметры связи между системой координат раскопа и условной системой координат, которая применялась для вычисления координат снятых точек, были определены в программе Credo ТРАНСКОР, по методу преобразования Гельмерга. В результате выполнения расчетов были получены параметры связи: x_1 , y_1 , x_2 , y_2 , α и m (рисунок 6).

Далее в системе Credo ТРАНСКОР с использованием полученных параметров преобразования координаты вершин сетки квадратов в системе координат раскопа, намеченные к перенесению на местность (в натуру), были пересчитаны в условную систему координат.

Для вычисления разбивочных элементов выноса вершин квадратов в натуру полученные координаты из программы Credo ТРАНСКОР загрузили в проект программы Credo DAT и выполнили решение обратных геодезических задач с расчетом разбивочных углов и расстояний на выносимые в натуру точки (рисунок 7).

Используя полученные элементы, с помощью теодолита и рулетки вершины квадратов были перенесены в натуру с соответствующими контрольными измерениями.

Закрепленная таким образом в вершинах квадратов раскопа координатная среда объекта была восстановлена для последующего ее использования в археологических исследованиях, что обеспечивает единство пространственной фиксации находимых артефактов и исследуемых элементов Храмового комплекса Вестник в прошедшем, текущем и последующих сезонах раскопок.

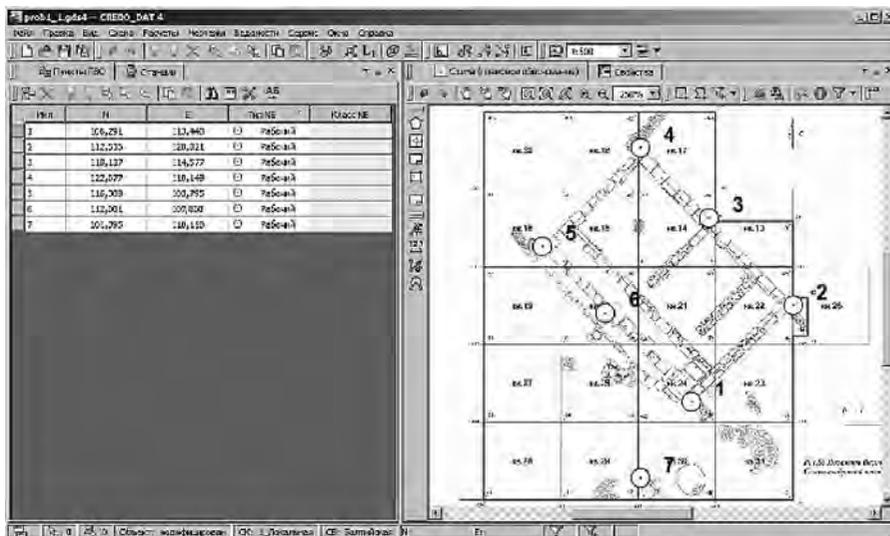


Рисунок 4 – Выбор в Credo DAT хорошо опознаваемых точек местности

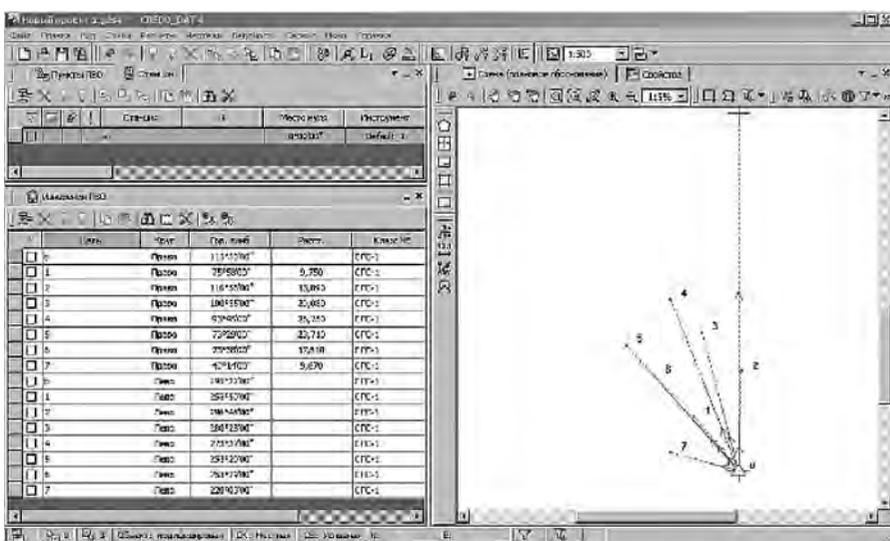


Рисунок 5 – Вычисление координат снятых точек в условной системе координат

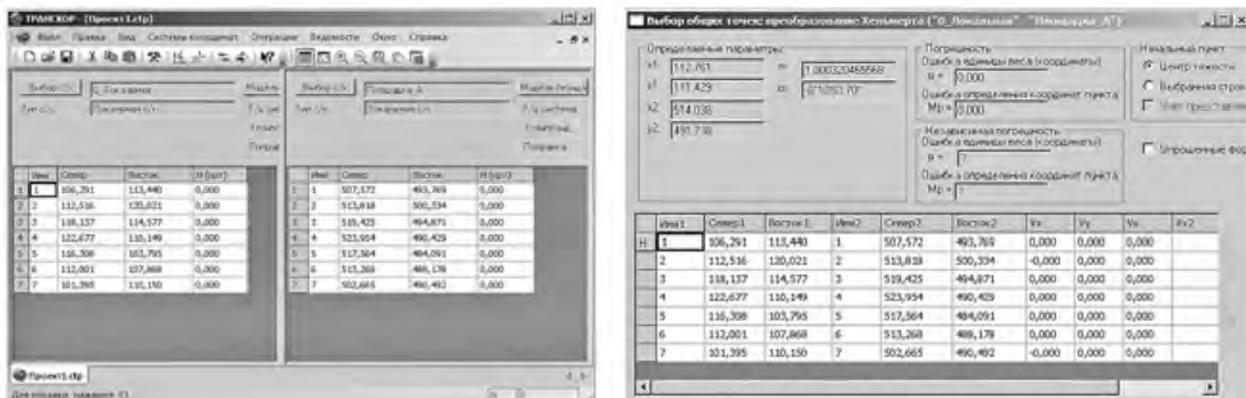


Рисунок 6 – Определение параметров преобразования

Заключение

Рассмотренные в статье методы выполнения геодезических работ могут быть использованы специалистами и на других объектах, не связанных с археологией.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пигин, А.П. Компьютерные технологии в анализе исторических данных / А.П. Пигин, И.Е. Рак. – Материалы II Междунар. науч. конф. «Исторические исследования», Чита, 2013 г. – Чита, 2013 г. – 41-45 с.

2. Рак, И.Е. Технологии компьютерного обеспечения Топографо-геодезических работ на примере результатов работ сезона 2013 г. на античном памятнике Илурат / А.П. Пигин, Д.В. Бейлин. – Труды IV (XX) Всероссийского археологического съезда. Том IV, Казань. 2014 г. – Казань, 2014 г. – 307-309 с.

3. Пигин, А.П. Топографо-геодезические работы на территории крепости Илурат в 2013 г. / А.П. Пигин, Д.В. Бейлин, И.Е. Рак. – Международная науч.- практ. конф. «Археология и история Боспора», Керчь, 2014 г. – Керчь, 2014 г. – 126-130 с.

4. Пигин, А.П. Об использовании технологий CREDO в анализе исторических данных (некоторые результаты уточнения положения позиций правого фланга Эльтигенского десанта) / А.П. Пигин, А.В. Куликов, И.Е. Рак // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2014. – № 1(51). – С. 73-75.

5. Пигин, А.П. Об уточнении положения некоторых элементов позиций правого фланга Эльтигенского десанта (технологии CREDO в картографическом анализе исторических данных) / А.П. Пигин, А.В. Куликов, И.Е. Рак // Военно-исторические чтения: Материалы II междунар. науч.-практ. конф., Керчь, 17-19 фев. 2014 г. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2015. – 140 с.

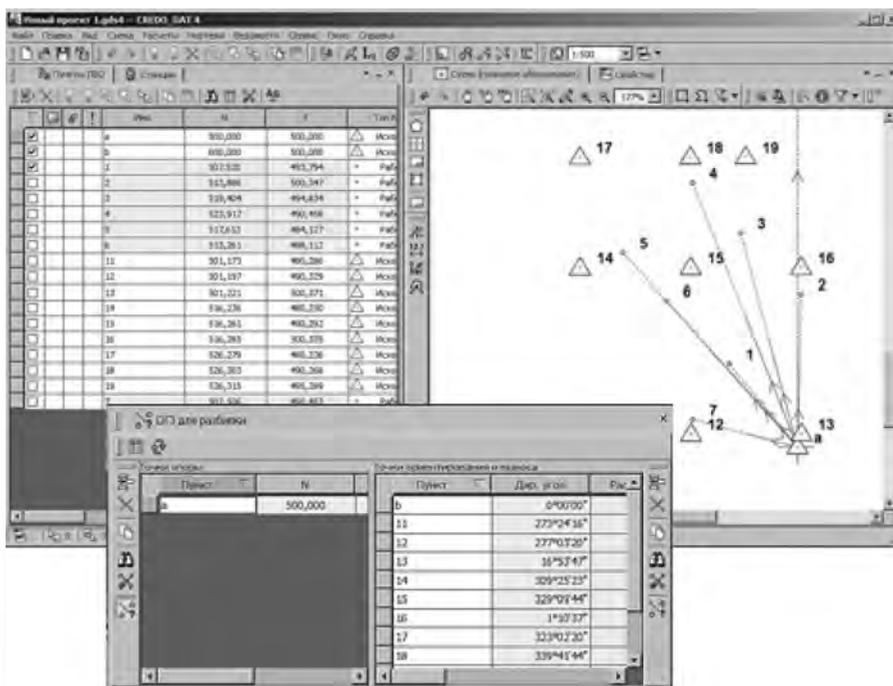


Рисунок 7 – Вычисление разбивочных элементов

6. Калинин Д. Системы геодезических координат или «Что такое датум?» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hllab.dp.ua/Store/texts/gps/datums.htm>. – Дата доступа: 01.11.2015.

7. Савчук, С.Г. УСК2000. Параметры пересчета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eps.com.ua/phpbb/viewtopic.php?f=57&t=3020>. – Дата доступа: 01.11.2015.

8. Кузнецов, А.Я. Большой десант. Керченско-Эльтигенская операция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.telenir.net/istorija/bolshoj_desant_kerchensko_yeltigenskaja_operacija/index.php. – Дата доступа: 01.11.2015.

9. Гладков, В.Ф. Десант на Эльтиген [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rulit.net/books/desant-na-eltigen-read-50093-8.html>. – Дата доступа: 01.11.2015.

10. Комаровский, Ю.А. Использо-

вание различных референс-эллипсоидов в судовождении [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sveos.msun.ru/edu/it/kaf/tss/ell.pdf>. – Дата доступа: 01.11.2015.

Поступление в редакцию 11.11.2015

**A. PIGIN,
I. RAK**

**GEODETIC SUPPORT
ARCHAEOLOGICAL WORK**

Through the example of certain archaeological sites, the authors addressed the challenges related to the use and transformation of archival maps, as well as the coordinate grid re-establishment with use of the CREDO software. The methods reviewed may both be used by archeological professionals, and within a number of non-archeology related areas of study.