

DOI 10.24411/9999-001A-2019-10064
УДК 528.91, 681.518 (075.32)

Ш.З. Шагинян
Национальный университет архитектуры и строительства Армении (Ереван)
ELMA Scientific Centre (Ереван)
shahen_shahinyan@mail.ru

Применение современных геодезических методов для сохранения памятников архитектуры

Исследование проводилось при поддержке ELMA Scientific Centre

Аннотация

В статье представлены разные типы геодезических работ с применением современных методов, такие как топографическая съемка, аэрофотосъемка, наземное сканирование, которые косвенным образом влияют на сохранение памятников. Представлены как уже ставшими традиционными методы, такие как съемка спутниковыми приемниками и роверами и аэрофотосъемка, так и более новаторские методы — наземное и аэросканирование, которые уже повсеместно применяются в геодезическом производстве. Перечисленные методы содержат актуальные и современные технологии в сфере геодезии и геодезического обеспечения. В итоге применения данных методов было выявлено, что современные комбинированные методы имеют большую точность измерений и большую производительность, и их можно применять для решения широкого спектра вопросов.

Ключевые слова: памятник, ГНСС, фотограмметрия, сканирование, ГИС

Sh.Z. Shahinyan
National University of Architecture and Construction of Armenia (Yerevan)
ELMA Scientific Centre (Yerevan)
shahen_shahinyan@mail.ru

The use of modern geodetic techniques for the preservation of architectural monuments

Abstract

The article deals with different types of geodetic works using modern methods, such as topographic surveying, aerial photography and ground scanning. These methods indirectly affect the preservation of monuments. The article also presents methods that have already become traditional, such as satellite-based surveys and rovers and aerial photography, as well as more innovative methods — ground and aerial scanning, which are already widely used in geodetic production. The listed methods contain relevant and modern technologies in the field of geodesy and geodesic support. As a result of the application of these methods, it was revealed that modern combined methods have greater measurement accuracy and greater productivity. They can be used to solve a wide range of issues.

Keywords: monument, GNSS, photogrammetry, scanning, GIS

В настоящее время при участии автора статьи реализуется проект ELMA — это первая в Армении профессиональная электронная карта с независимой картографической основой и надежными данными. Основная цель команды ELMA — предоставить общественности качественную, правильную, понятную и доступную информацию в соответствующих областях. Это одна из возможностей развития информационных технологий — услуги электронной картографии, доступные для всех, включающие надежные базы данных и свободный доступ к информации, которая проверена профессионалами. При этом карта доступна для редактирования. ELMA делает Республику Армении уникальной страной, где предоставляются сверхточные пространственные данные, которые, в свою очередь, позволят реализовать высокотехнологичные, новаторские и эксклю-

зивные программы в различных областях, таких как полная автоматизация транспортных систем, движение беспилотных автомобилей и т. д. Важную часть проекта составляет и получение данных о памятниках архитектуры.

Памятники архитектуры представляют большую ценность и всегда имеют определенное региональное, государственное и глобальное значение. В настоящее время в мире разрабатываются многие методы сбора информации о них, а также на основе этой информации планируется сохранение и реконструкция памятников. Важно, чтобы собранная информация была максимально точной и полной.

Современные технологии дают такие возможности. В XIX в. геодезические методы использовались для получения карт местности и планов зданий. Со временем эти методы были усовершенствованы и

появилась возможность получить не только планы объектов и точные чертежи фасадов, но и снизить человеческий фактор, и, как следствие, минимизировать ошибки [Ходоров, 2017, с. 18; Бровар и др., 2017, с. 179].

В настоящее время геодезическое обследование памятников можно разделить на следующие этапы:

1. Изучение памятника и прилегающей территории, сбор информации из разных источников и выбор наиболее эффективного метода исследования.
2. Полевые исследования, сбор данных.
3. Камеральная обработка собранных данных.
4. Создание географической информационной базы.

Исследование памятника и прилегающей территории позволяет точно оценить объем планируемых работ и выбрать метод обследования, который будет наиболее эффективным для выполнения данной работы. Перед началом полевых работ проводится сбор существующих материалов. Топографические и ситуационные карты, текстовые описания и фотографии этой территории являются наиболее важными.

На следующем этапе проводятся геодезические полевые работы. Наиболее часто используются крупномасштабные топографические съемки, аэрофотосъемка, наземное и воздушное сканирование и фотосъемка летающими беспилотными летательными аппаратами.

Топографическая съемка. При изучении памятников очень важно иметь не только горизонтальное положение основного здания, но также расположение мельчайших фрагментов. Применяются методы топографической съемки в масштабе 1:500 (горизонтальный масштаб 1:100 и 1:200 и масштаб 1:50 по вертикали (фасад)) и более. Наиболее эффективный способ топографической съемки с использованием современного геодезического оборудования заключается в следующем: с использованием ГНСС ровер-станций (ил. 1а) создается сеть геодезических пунктов высокой точности. Измерения можно проводить в статике или кинематике, в зависимости от требований к точности [Шагинян, 2015, с. 45]. Наиболее эффективным является измерение в режиме реального времени (режим RTK), так как по этому методу можно получить координаты точек с точностью 2–5 см в плане, а по высоте — 3–7 см. Затем с использованием электронных тахеометров (ил. 1б) выполняется съемка. Желательно использовать такие тахеометры, которые имеют возможность измерять точки без отражателя. Это облегчит обследование фасада здания. После завершения съемки полученные результаты легко переносятся в любую векторную среду, в которой после обработки можно получить план здания и 3D-модель.

Аэрофотосъемка. Данный геодезический метод эффективен, когда исследуемый объект является не отдельным памятником, а комплексом памятников. Суть аэросъемки заключается в том, что она осуществляется с самолета путем фотографирования через специальное оборудование во время полета, которое выполняет съемку параллельно поверхности земли (илл. 2). Получается много картинок с наложением 30–95%. В результате последующей обработки получают ортофотопланы местности. Преимущество этого метода заключается в том, что при работе на большой территории сняты ортофо-

топланы местности дают общую картину местности, которая позволяет более полно понять местоположение объектов и ориентироваться в районе.

Используемые методы более эффективны для получения горизонтальных изображений памятников.

Наземное сканирование. Этот метод моложе предшественников, но обладает исключительной эффективностью для съемки вертикальных компонентов и деталей памятников. В настоящее время существуют стационарные и мобильные системы сканирования (илл. 3а, 3б) [Зоннтаг, 2013, с. 56], которые сканируют со скоростью 1 миллион точек в минуту, а расстояние между точками может достигать 1–5 мм. Стационарные системы сканирования устанавливаются на точках с хорошо известными координатами, и после ввода точных значений X, Y, H определяют местоположение объектов в пространстве. Мобильное сканирующее оборудование меньше по размеру и управляется вручную путем сканирования отдельных частей памятника, обломков и т. д. В результате работы получаются облака точек, которые после соответствующей фильтрации и моделирования дают очень детальную трехмерную модель памятника.

Эти методы позволяют собирать информацию об объектах-памятниках. У собранных данных уровень ошибок очень низок, а достоверность данных более чем высока. Желательно комбинировать методы для достижения наилучших результатов. Например, сканирование с топографической съемкой. Когда полевые работы завершены, информация обрабатывается с помощью соответствующих пакетов программного обеспечения.

Одним из последних и наиболее важных этапов работы является создание геоинформационной системы (ГИС). Географическая информационная система объединяет полевые и текстовые данные, архивные документы и существующие фотографии [Yunying and oth., 2014, p. 113, Meyer, 2010, p. 43].

В рамках проекта ELMA такая система создается для территории Республики Армения. Как было сказано выше, целью проекта ELMA является создание общедоступных и точных карт, которые будут применяться в различных областях. Для создания геоинформационной базы были разработаны, прежде всего, характеристики, наиболее важные для памятников. Например тип, значение, дата строительства, текущее состояние, архитектор, тип материала, местоположение, название и данные организации, которая несет ответственность за сохранение памятника, и т. д.

После разработки критериев была создана геоинформационная база данных, где сперва были размещены данные, полученные в результате полевых измерений, а потом она была дополнена иными характеристиками и текстовой информацией. В базу были добавлены архивные документы и фотографии (илл. 4).

Таким образом, имея подобную систему, мы решаем проблему корректности и компактного представления данных. В любой момент в этой системе пользователь сможет найти информацию об интересующем памятнике, проанализировать его состояние, определить наличие туристической инфраструктуры, выделить объекты, требующие немедленной помощи в сохранении. А в случае периодического

мониторинга также есть возможность иметь полный спектр данных в компактном и доступном виде.

Список литературы

1. Бровар В.В., Юркина М.И., Бровар Б.В. Гравиметрия и геодезия. — М.: Научный мир, 2017. — 570 с.
2. Зоннтаг Р. Сканеры. — М.: ИД «КомпасГид», 2013. — 104 с.
3. Ходоров С. Геодезия — это очень просто. Введение в специальность. — М.: Инфра-Инженерия, 2017. — 176 с.
4. Шагинян Ш.З. О постоянно действующих базовых станциях ГНСС в Республике Армения // Геопрофи. — 2015. — №1. — С. 44–47.
5. Meyer T.H. Introduction to Geometrical and Physical Geodesy: Foundations of Geomatics. — Redlands, CA: ESRI Press, 2010. — 260 p.
6. Yunying Qu, Zhiping Lu, Shubo Qiao, Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems. — Berlin: Springer, 2014. — 397 p.

References

1. Brovar V.V., Yurkina M.I., Brovar B.V. Gravimetriya i geodeziya. Moscow, Nauchnyi mir, 2017, 570 p. (in Russ.).

2. Khodorov S. Geodeziya — eto ochen' prosto. Vvedenie v spetsial'nost'. Moscow, Infra-Inzheneriya, 2017, 176 p. (in Russ.).

3. Meyer T.H. Introduction to Geometrical and Physical Geodesy: Foundations of Geomatics. Redlands, CA, ESRI Press, 2010, 260 p. (in Russ.).

4. Shaginyan Sh.Z. O postoyanno deistvuyushchikh bazovykh stantsiyakh GNSS v Respublike Armeniya. Geoprofi, 2015, No 1, pp. 44–47. (in Russ.).

5. Yunying Qu, Zhiping Lu, Shubo Qiao, Geodesy: Introduction to Geodetic Datum and Geodetic Systems. Berlin, pringer, 2014, 397 p. (in Russ.).

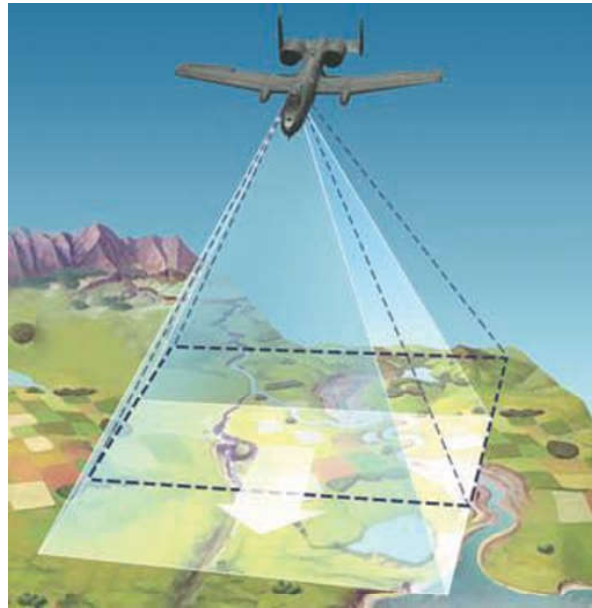
6. Zonntag R. Skanery. Moscow, ID KompasGid, 2013, 104 p. (in Russ.).

Список сокращений

- ГИС — геоинформационные системы
 ГНСС — глобальные навигационные спутниковые системы
 GNSS — global navigation satellite system
 RTK — Real Time Kinematic



Ил. 1: а) ГНСС ровер станция, б) электронный тахеометр (<https://leica-geosystems.com/>)



Ил. 2. Процесс аэрофотосъемки (https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geo/6307/%D0%B4%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5)



а



б

Ил. 3: а) стационарный сканер, б) портативный сканер (<https://leica-geosystems.com/>)

Ил. 4. Вид базы памятников в системе ELMA