

УДК 528.9:004.9

## **СОЗДАНИЕ 3D-МОДЕЛЕЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ ТУРИСТСКИХ КАРТ**

*Алексей Александрович Колесников*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, ст. преподаватель кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: alexeykw@mail.ru

*Елена Леонидовна Касьянова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383)361-06-35, e-mail: helenkass@mail.ru

*Карина Русланкызы Сыдыкова*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант, тел. (383)361-06-35, e-mail: sydykovakarina@mail.ru

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день теме использования трехмерной графики в сфере картографии. Трехмерное моделирование помогает визуализировать объекты, существующие в реальном мире, что дает возможность широкому кругу потребителей лучше воспринимать картографическое изображение. В статье обосновывается необходимость создания туристских карт на территорию Крыма. Вследствие особенностей отображаемой местности, для лучшего восприятия тематических элементов (объектов, интересующих туристов и экскурсантов), тесно взаимосвязанных с рельефом, за основу решено взять 3D-модель рельефа полуострова с элементами общегеографического содержания. Первый этап составления туристской трехмерной карты – создание корректной 3D-модели рельефа и согласование с ней объектов тематического содержания.

**Ключевые слова:** рельеф, объекты истории, архитектурные памятники, 3D-модель рельефа, тематическое содержание, общегеографическая основа, туристские карты.

### ***Введение***

С каждым годом туристский потенциал страны активно развивается и расширяется. Туризм на сегодняшний день – одна из крупнейших и высокодоходных отраслей экономики страны. Развитие внутреннего туризма влияет на поступление иностранной валюты, а это в свою очередь влияет на платежный баланс России, на внутреннюю и внешнюю экономику страны, на социальную, культурную и экологическую обстановку. Внутренний туризм в России в последние годы интенсивно развивается, особенно после появления различных эпидемий в ряде стран и санкций, примененных к России некоторыми странами.

Геоинформационные технологии, трехмерное моделирование и интернет-сервисы быстро развиваются и находят применение в современных технологиях картографирования объектов и явлений. Применение ГИС и web-сервисов позволяет решить многие вопросы по передаче больших объемов геоинформации.

На сегодняшний день использование ГИС в современном туристическом бизнесе заметно выросло, геоинформационные технологии применяются повсеместно и являются неотъемлемой интеграционной частью туристических, картографических и социальных проектов.

Один из важных факторов успешной реализации проекта по созданию и функционированию территориального единого геоинформационного пространства (ТЕГИП) – обеспечение благоприятных условий для массового, многократного и многоцелевого использования содержащейся в ТЕГИП пространственной информации – геоинформации. В этом случае следует рассматривать отдельно три направления использования геоинформации:

- специалистами органов территориального управления, власти, отраслей экономики;

- широкими слоями населения;
- техническими средствами [1].

Вот некоторые из задач, перспективные с точки зрения современных геоинформационных технологий [2, 3]:

- визуализация всех существенных природных и искусственных объектов;
- планирование капитального ремонта, реконструкции и сноса объектов;
- точный учет наклона и неровности земной поверхности;
- поиск и проведение инвестиционной оценки земельных участков под застройку;
- осуществление интегрированных в карту систем подсчета стоимости недвижимости и земельных наделов в зависимости от расположения, состояния, рельефа местности и т. д.;
- моделирование вида строящегося объекта с учетом природного ландшафта;
- получение полного обзора из окна и с балкона окружающей панорамы;
- осуществление виртуальных туров, экскурсий по культурным и историческим местам города;
- более удобное управление информационными, электрическими, водопроводными, канализационными и другими сетями, каналами, коммуникациями и сооружениями;
- отображение в привязке к реальному ландшафту всех видов инженерных коммуникаций: воздушных, наземных, внутренних, подземных и подводных;
- хранение и использование многоформатных данных в одном месте, что позволит отслеживать и анализировать прошлые данные для прогнозирования и сравнения изменения ситуации;
- возможность создания глобальных информационных систем в одной системе координат без потери детальности.

### *Обсуждение*

Человек воспринимает окружающий мир в трехмерном пространстве, поэтому возникают сложности с пониманием и интерпретацией информации, ото-

бражаемой на картах. На картах изображение объектов представлено в генерализованном и абстрагированном видах, поэтому его бывает сложно понять неподготовленному потребителю. С развитием и применением в различных областях 3D-технологий появилась возможность решить эту проблему, используя современные компьютерные технологии в картографии.

Сфера туризма постоянно меняется и развивается, являясь неотъемлемой частью современной жизни. Это приводит к высокой потребности и широкому распространению туристских карт не только в традиционном (печатном) виде, но и в компьютерном варианте вследствие распространенности мобильных устройств. Очень важным является донесение до потребителя уникального внешнего вида объектов.

Соответственно статья посвящена составлению туристских карт с отображенными на них уникальными объектами истории, культуры и архитектуры. Отображение этих объектов выполнено не по символическим общим условным знакам (когда одному обозначению соответствует несколько объектов, как на рис. 1), а с помощью изображений, присущих только этим объектам, созданным современными информационными технологиями.




Названия объектов туризма	Условные обозначения
Монастыри	
Музеи	
Памятники археологии	
Памятники архитектуры	
Церкви, часовни	

Рис. 1. Общие условные знаки

Третье измерение позволяет создавать и использовать реалистичные, легко узнаваемые символы для индивидуальных пространственных объектов, соответственно карты становятся более понятными широкому кругу потребителей. Каждый символ на карте легко распознаваем и можно не обращаться к легенде за дополнительными пояснениями, что облегчает восприятие карты.

При создании любой карты, в том числе туристской, необходимо выполнять отбор и обобщение (генерализацию) объектов и явлений, которые сложны и плохо подвергаются автоматизации. Генерализация проявляется в обобщении качественных и количественных характеристик объектов, замене индивидуальных понятий собирательными, отвлечении от мелких деталей ради четкого отображения главных особенностей. Генерализация способствует формированию

и представлению в картографической форме новых понятий и научных абстракций [4].

Теория и методы генерализации для процесса составления традиционных ортогональных карт отработаны в полной мере. Для карт, создаваемых в перспективной проекции на основе трехмерных моделей местности, вопросы генерализации требуют дополнительного рассмотрения и разработки. В последние годы и в России, и в мире наблюдается устойчивый интерес к трехмерному моделированию территорий и созданию перспективных карт различного назначения. В связи с этим ведутся активные разработки методик и технологий автоматизации различных процессов, выполняемых при создании перспективных картографических произведений, в том числе генерализации [5].

Информативные свойства карт оцениваются по количеству и качеству отображаемой информации, присущим картографическому изображению. Информационные свойства трехмерных картографических изображений определяются, прежде всего, через содержание различных пространственных характеристик. Они зависят от степени обобщения отображаемой реальности, включая третье измерение. Проблема объемной визуализации решается в трехмерном картографировании [6, 7].

Это связано также с применением векторных и растровых графических компьютерных программ при создании трехмерных картографических изображений [8]. Экспериментальная работа проводилась для трехмерного картографического отображения историко-культурного наследия Республики Крым. Трехмерное представление площади (ландшафта) началось в средние века. Тогда появились первые картографические изображения городов. Их выполняли картографы-художники вручную, методом гравировки, сначала на дереве, затем на меди. До наших дней дошли старинные карты городов, на которых изображение выполнено «в перспективе», например, карта Нью-Йорка (рис. 2) [8].



Рис. 2. Карта Нью-Йорка 1856 г.

XX век ознаменовал новый этап в развитии трехмерной картографии. Первые теоретические разработки в этой области принадлежат Раису, Имхофу, Робинзону, Смирнову. Имхоф был одним из самых видных представителей по созданию реалистичного образа на карте [9, 10].

Применение технологий трехмерной графики в картографии способствует существенному повышению степени наглядности и узнаваемости объектов местности и, следовательно, формированию у пользователя максимально достоверного восприятия пространственной геоинформации в целом [6, 7].

В связи с этим немаловажной, интересной и актуальной задачей является создание трехмерных карт Республики Крым различного назначения и тематического содержания, особенно туристских.

Трехмерные карты составляются и оформляются по совершенно разным технологиям: от рукописных до полностью автоматизированных, но чаще всего это интерактивная работа. Внедрение компьютерных технологий в различные сферы деятельности человека и постоянное их усовершенствование предоставляет большой набор программного обеспечения для разработки трехмерных моделей объектов. Для создания трехмерных моделей различных элементов местности, отдельных зданий и сооружений применяются такие программы, как AutoCAD, ArcGIS с модулем 3D Analyst, Coogle SketchUp и 3ds Max, ГИС Карта и др. [11, 12].

Развитие компьютерных технологий и постоянное их усовершенствование дает возможность переходить от традиционных двухмерных карт к объемным моделям, отображающим объекты местности в трехмерном пространстве, поэтому трехмерные (перспективные) карты являются одним из самых наглядных и понятных широкому кругу потребителей видов картографической продукции.

На туристских картах кроме общегеографической нагрузки отображаются элементы тематического содержания: организации и объекты туристического обслуживания, памятники культуры, истории и архитектуры, интересные объекты природы. На традиционных туристских картах они показываются способом значков (символических, геометрических или художественных) (рис. 1, 3). Применение компьютерной графики позволяет отображать объекты такими, какими мы привыкли их видеть в трехмерном пространстве, делая карты более наглядными, информативными, интересными, понятными широкому кругу читателей и практически не требующими легенды.

Программное обеспечение «Autodesk 3ds Max» позволяет создавать различные 3D-модели объектов окружающего нас мира и является одним из самых первых, самых популярных редакторов трехмерной графики. Основные функции программы – это создание и редактирование трехмерной графики. Дополнительные опции предназначены для дополнения созданных объектов и доведения их до реалистичного внешнего вида. Программа оснащена огромным количеством инструментов для моделирования трехмерных объектов: модификаторы, полигональное моделирование, моделирование на основе примитивов,

моделирование на основе сплайнов, на основе NURBS-кривых (удобны для моделирования рельефа), на основе поверхностей Безье.



Рис. 3. Фрагмент туристской карты Смоленской области

### *Результаты*

К объектам, которые нужно отражать на туристских картах, относятся памятники архитектуры, культуры, исторического наследия, интересные объекты природы. В зависимости от сложности объектов применяются различные методы их моделирования в данной программе.

Процесс построения модели выполняется достаточно быстро, при этом обрабатывается информация по векторным картам, матрицам высот, триангуляционным моделям рельефа (TIN), цифровым фотоснимкам местности. Наличие всех перечисленных составляющих не является обязательным. На трехмерной модели их можно использовать в различных комбинациях, определяя соответствующие параметры отображения для текущего сеанса работы.

До недавнего времени для получения метрической информации об архитектурных объектах применялись методы наземной фотограмметрии или натурные объемы. Появление оборудования наземных лазерных сканеров позволило сократить трудозатраты на проведение измерений, а также качественно изменить вид выходной продукции. Основным преимуществом лазерного сканирования по сравнению с традиционными методами является очень высокая производительность. Появление оборудования наземных лазерных сканеров позволило сократить трудозатраты на проведение измерений, а также качественно изменить вид выходной продукции [13].

Существует явное преимущество использования 3D – это возможность отображения объема (вертикальной информации), что дает нам координата  $Z$ . Третье измерение позволяет применять легко узнаваемые символы для про-

странственных объектов, и в итоге карты становятся более понятными широкому кругу потребителей. Можно распознать каждый символ на карте, не обращаясь к легенде за дополнительной информацией [14].

Памятники архитектуры – это одна из первых областей применения технологии наземного лазерного сканирования. В большинстве случаев таким объектам свойственно наличие сложных элементов (например, резные фасады), которые невозможно описать набором простых геометрических примитивов (с помощью цилиндров, сфер, плоскостей и т. д.)

С помощью созданных трехмерных моделей памятников архитектуры можно проводить их реставрацию, имея в наличии все геометрические параметры объекта. Во многих случаях такой вид информации бесценен. Для создания 3D-моделей архитектурных и исторических памятников Республики Крым (при выполнении электронной версии туристской карты) использовалась программа Autodesk 3ds Max.

Создание объемной модели любого объекта с помощью этой программы производится в несколько этапов. Основные из них можно проиллюстрировать на примере одного из самых красивых и исторически важных объектов архитектурного наследия Крыма – замка «Ласточкино гнездо».

Первое, что необходимо выполнить – моделирование или создание геометрии модели. Этот этап включает создание трехмерной геометрической модели, без учета физических свойств объекта. Основные части здания создаются из простых геометрических элементов: куб, цилиндр и т. д. Далее задается достаточное количество сегментов (по горизонтали, вертикали и высоте) для дальнейшего его моделирования, т. е. создания входных и оконных проемов, резных частей и т. п.

С помощью простых примитивов и вышеперечисленных операций моделируются различные элементы здания, в том числе и мелкие детали (рис. 4).

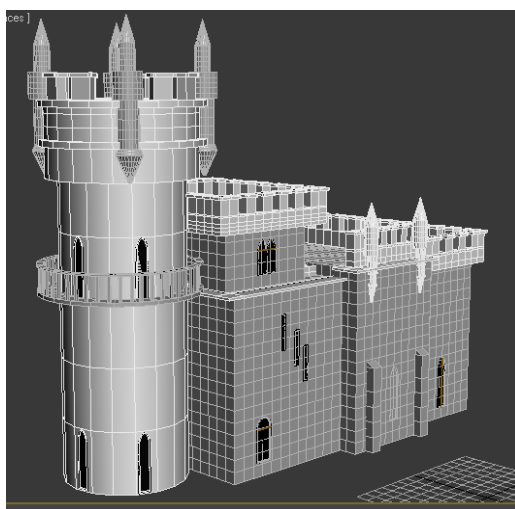


Рис. 4. Моделирование объекта

Вторым этапом выполняется текстурирование – создание для модели текстуры, близкой к реалистичной. Например, стекло на окнах, каменная кладка, состаренное дерево и т. д.

И в результате визуализации (рендеринга) модель превращается в реалистично отображаемый объект (рис. 5).



Рис. 5. «Ласточкино гнездо»

### *Заключение*

Выбор программного обеспечения ГИС «Карта 2011» для построения трехмерной модели рельефа местности и нанесения на нее геоморфологической нагрузки обоснован, прежде всего, широким спектром функциональных возможностей, в том числе при построении трехмерных моделей местности. Построение трехмерной модели рельефа в выбранной ГИС осуществляется по двумерной карте и матрице высот. Результирующая поверхность может быть образована TIN или GRID-моделью. Для построения объемной модели с учетом объектов, расположенных на данной карте, должна быть использована библиотека трехмерных изображений объектов, добавляемая в классификатор создаваемой карты. В составе ГИС «Карта 2011» имеются стандартные классификаторы и библиотеки трехмерных условных знаков для различных масштабов. Все это позволяет пользователям создавать свои объемные изображения с помощью встроенного редактора условных знаков.

Немаловажным критерием, повлиявшим на выбор геоинформационной системы «Карта 2001», стало наличие в ее составе развитых средств навигации по трехмерным моделям местности. Программные средства ГИС обеспечивают свободное перемещение по модели, выполнение наклонов под нужным углом, изменение освещения и т. д. Трехмерная и двумерная карты могут работать в синхронном режиме, при этом все действия, производимые над картами (движение, изменение состава данных, редактирование объектов), синхронизирова-



ны для обеих карт. Таким образом, создаются условия для максимально удобной работы пользователя с созданной трехмерной моделью.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Пользовательский сегмент единого территориального геоинформационного пространства // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 89–100.
2. КИБЕРнетика среды обитания [Электронный ресурс]. – Сайт компании ЗАО «Киберсо». – Режим доступа : <http://kiberso.com/page.php?p=services&id=30/>.
3. Сайт группы компаний «Информап» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.informap.ru>.
4. Ештокин А. Н. Картографическая генерализация [Электронный ресурс] : лекции по курсу «Картография». – Режим доступа : <http://topography.itsu.org/kartography/k8.html>.
5. Бугаков П. Ю. Зарубежный опыт в области картографической генерализации трехмерных моделей городских территорий // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Том 22, № 1. – С. 89–100.
6. Лисицкий Д. В. Картографическое отображение трехмерных моделей местности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.
7. Бугаков П. Ю. Принципы картографического отображения трехмерных моделей местности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – С. 156–161.
8. Козиэл З. Геокомпозиционные и визуальные аспекты моделирования рельефа местности с использованием современных процедур сбора и обработки данных. – Торунь : Университет Николая Коперника, 2003. – 240с.
9. Atoyán Ruben, German A. New Technologies in 3-D Mapping // Buletin of Geography. Physical Geography Series. – 2017. – No. 12 – P. 31–40.
10. Imhof E. Cartographic relief representation / Ed. by H. G. Steward de ruyter. – New-York, 1982.
11. Дышлюк С. С., Николаева О. Н., Ромашова Л. А. К вопросу формализации процесса создания тематических карт в ГИС-среде // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 2 (30). – С. 78–85.
12. Дышлюк С. С., Павлов Е. В. К вопросу автоматизированного создания тематических карт // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 3. – С. 162–165.
13. Наземное лазерное сканирование : монография / В. А. Середович, А. В. Комиссаров, Д. В. Комиссаров, Т. А. Широкова. – Новосибирск : СГГА, 2009.
14. Степанов Д. И. 3D-моделирование [Электронный ресурс]. – ООО «НПП «Бента». – Режим доступа : [http://www.benta.spb.ru/work/foto/3d\\_model/index.html](http://www.benta.spb.ru/work/foto/3d_model/index.html).

Получено 02.02.2018

© А. А. Колесников, Е. Л. Касьянова, К. Р. Сыдыкова, 2018

#### CREATING 3D MODELS OF HISTORICAL SITES FOR TOURIST MAPS

*Alexey A. Kolesnikov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Senior Lecturer, Department of Cartography and Geoinformatics, phone: (383)361-06-35, e-mail: alexeykw@mail.ru

**Elena L. Kasyanova**

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Cartography and GIS, phone: (383)361-06-35, e-mail: helenkass@mail.ru

**Karina R. Sydykova**

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Master Student, phone: (383)361-06-35, e-mail: sydykovakarina@mail.ru

The article is devoted to the actual topic of using 3D graphics in cartography. 3D modeling helps visualize objects that exist in real form, which enables a wide range of consumers to better perceive the cartographic image. The article justifies the need to create tourist maps for the territory of the Crimea. Due to the peculiarities of the displayed area, for a better perception of thematic elements (objects of interest to tourists and excursionists), closely interrelated with the relief, the basis was decided to take a 3D model of the peninsula relief with elements of general geographic content. The first stage of compiling a three-dimensional tourist map is the creation of a correct 3D model of the relief and coordination with it of objects of thematic content.

**Key words:** relief, objects of history, architectural landmarks, 3D terrain model, thematic content, geographical basis, tourist map.

#### REFERENCES

1. Lisitsky, D. V., & Kazko, S. J. (2016). User segment a single territorial geoinformation space. *Vestnik SSGA [Vestnik SSGA]*, 4(36), 89–100 [in Russian].
2. *Cybernetics habitat*. (n. d.). Retrived from <http://kiberso.com/page.php?p=services&id=30/> [in Russian].
3. *The website of the group of companies "Informap"*. (n. d.). Retrived from <http://www.informap.ru> [in Russian].
4. Eshtokin, A. N. (n. d.). *Cartographic generalization*. Retrieved from <http://topography.ltsu.org/kartography/k8.html> [in Russian].
5. Bugakov, P. Y. (2017). Foreign experience in the field of cartographic generalization of three-dimensional models of urban areas. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(1), 89–100 [in Russian].
6. Lisitsky, D. V. (2012). Mapping of three-dimensional terrain models. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i kartografiya [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 2/1, 98–102 [in Russian].
7. Bugakov, P. Y. (2012). Principles of cartographic display of three-dimensional models of the terrain. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 156–161). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
8. Koziel, C. (2003). *Geokompozitnye i vizual'nye aspekty modelirovaniya rel'efa mestnosti s ispol'zovaniem sovremennykh protsedur sbora i obrabotki dannykh [Second, and the visual aspects of the modeling of the terrain using modern procedures for collecting and processing data]*. Torun: Nicolaus Copernicus University [in Russian].
9. Atoyan Ruben, & German A. (2017). New Technologies in 3-D Mapping. *Buletin of Geography. Physical Geography Series*, 12, 31–40.
10. Imhof, E. (1982). *Cartographic relief representation*. H. G. Steward de ruyter (Ed.). New-York.

11. Dyshlyuk, S. S., Nikolaev, O. N., & Romashova, L. A. (2015). To the question of formalization of the process of creating thematic maps in GIS environment. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(30), 78–85 [in Russian].
12. Dyshlyuk, S. S., & Pavlov, E. V. (2012). Automated creation of thematic maps. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2012: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2012: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 162–165). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
13. Seredovich, V. A., Komissarov, A. V., Komissarov, D. V., & Shirokova, T. A. (2009).. *Terrestrial laser scanning*. Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
14. Stepanov, D. *3D modeling* (n. d.). Retrieved from [http://www.benta.spb.ru/work/foto/3d\\_model/index.html](http://www.benta.spb.ru/work/foto/3d_model/index.html) [in Russian].

Received 02.02.2018

© A. A. Kolesnikov, E. L. Kasyanova, K. R. Sydykova, 2018