

УДК 528.91

DOI:10.30533/scidata-2022-13-04



Геоинформатика,
картография

Возможности российского программного обеспечения для создания трехмерных карт

Н.А. Баранова¹

АФФИЛИАЦИИ

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

nat.baranovaa@yandex.ru

ЦИТИРОВАНИЕ

Баранова Н.А.
Возможности российского программного обеспечения для создания трехмерных карт // Пространственные данные: наука и технологии. 2022. № 13. С. 43–58.
DOI:10.30533/scidata-2022-13-04.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

цифровое моделирование рельефа, восприятие пространства, 3D-визуализация, геоинформационные системы, учебная деятельность

АННОТАЦИЯ

Трехмерные карты, как наиболее удачные с точки зрения их восприятия, используются в образовании на уровне средней школы при изучении дисциплин модуля наук о Земле. В отличие от геоинформационных систем (ГИС), трехмерные карты позволяют использовать их в учебном процессе без установки специализированного программного обеспечения и освоения педагогами и обучающимися дополнительных программных продуктов. В статье рассмотрены возможности получения трехмерных карт и иных геоизображений на основе трехмерной модели местности, приведены примеры использования их в школьном обучении. При создании трехмерных карт для учебных целей необходимо не только учесть требования к ним с точки зрения нормативных документов, но и в зависимости от способа их использования предложить программные средства, позволяющие создавать трехмерные картографические произведения в статическом, интерактивном или динамическом виде. С этой целью в статье проведен обзор российских программных средств для создания трехмерных карт, дан их сравнительный анализ с зарубежными аналогами. Рассмотрены возможности публикации готового картографического произведения в печатном или электронном виде. Исследование показало, что российские разработки по многим позициям достаточно конкурентоспособны.

1 Введение

С развитием трехмерного картографирования и моделирования в настоящее время расширяется круг потребителей трехмерных картографических произведений, возрастает потребность в использовании 3D карт в градостроительстве, навигации, туризме, экологии, а также в образовании — среднем и высшем — при изучении дисциплин модуля наук о Земле. Использование геоинформационных систем (ГИС) в географическом образовании также является актуальным [1]. В научной литературе [2–4] ГИС находят применение как в учебном процессе в средней школе, так и при подготовке и повышении квалификации педагогических кадров. Однако применение ГИС требует от преподавателя изучения дополнительных программных продуктов, доработки рабочих программ учебных дисциплин, а от учебных заведений — современных компьютерных мощностей и программного обеспечения (ПО). В отличие от ГИС, трехмерные карты являются готовым картографическим произведением, что позволяет использовать их в учебном процессе без дополнительной подготовки педагогов и обучающихся.

В статье разбирается актуальная задача анализа возможностей российских программных средств, с помощью которых можно создавать разнообразные трехмерные карты для учебных целей. Кроме учета требований федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) и рабочих программ дисциплин модуля наук о Земле, картографические пособия, в частности, трехмерные карты, должны правильно и наглядно изображать рельеф местности. Программные средства, необходимые для создания трехмерных карт в учебных целях, должны позволять построить цифровую модель рельефа (ЦМР), а затем — трехмерную цифровую модель местности (ЦММ). Важно корректно отобразить тип рельефа, представить орографические особенности района, характер его расчлененности, подобрать наглядный способ для его отображения.

Для оценки результатов проведенного исследования использован метод сравнительного анализа; проведено сравнение и анализ отечественных и зарубежных программных средств.

2 Материалы и методы

2.1 Программные средства и технологические особенности создания трехмерных карт с использованием цифровой модели рельефа

Трехмерные геоизображения отображают три измерения (X,Y,Z). Первые два (X, Y) — координаты объектов на плоскости, а в качестве третьего измерения могут выступать различные показатели, например, тематические данные. В данной статье в качестве третьего измерения выступают значения высот (глубин) точек на поверхности Земли. Трехмерные карты и иные геоизображения, рассмотренные в статье, визуализированы с использованием ЦМР. Характер взаимодействия пользователя с трехмерной картой в этом случае осуществляется в виртуальном пространстве: интерактивно (интерактивные трехмерные карты, по которым можно виртуально перемещаться); динамически (динамические трехмерные карты) или с использованием технологии дополненной реальности (англ. — Augmented reality (AR)) [5].

Использование ЦМР для создания трехмерной цифровой модели местности возможно в:

- 1) системах автоматизированного проектирования (САПР);
- 2) программах для работы с 3D-графикой: 3D-пакеты, генераторы ландшафта, игровые движки;
- 3) фотограмметрических программах;
- 4) геоинформационных системах (ГИС).

Наиболее подходящими для создания трехмерных картографических произведений являются ГИС. Возможности работы с 3D-объектами, создание новых 3D-моделей и качественной отмывки (светотеневого оформления) рельефа в ГИС ограничены, поэтому в качестве дополнительного ПО рассмотрены программы трехмерной графики.

На трехмерных картах, представленных в виртуальном пространстве, предпочтительно выбрать методы и способы отображения рельефа, обладающие наибольшей наглядностью. Такими методами могут являться теневая пластика (способы: ахроматическая и цветная аналитическая отмывка, светотеневое изображение рельефа с использованием падающих теней) и гипсометрический метод [6].

Светотеневое оформление является наиболее выразительным приемом отображения рельефа на учебных картах. Моделирование поверхности как части природного ландшафта является выигранным технологическим вариантом при создании интуитивно понятных электронных трехмерных карт

(интерактивных и динамических), статических трехмерных карт (для просмотра на экране и печатных), а также моделей виртуальной реальности в качестве дополнительного образовательного ресурса. При работе с рабочим набором в ГИС из программ 3D-графики, при необходимости, добавляют прочие элементы содержания карт, так как встроенные возможности ГИС ограничены.

В ГИС самым распространенным способом создания отмывки рельефа является аналитическая отмывка. В современных ГИС аналитическую отмывку (англ. — «hill shading») выполняют на основе использования функции «отражательной способности» (англ. — «reflectance») с использованием различных моделей [7]. **В программах трехмерной графики при создании трехмерных моделей местности широко используются:**

- анимация, например, «полет» над территорией;
- создание подробной 3D-сцены (виртуальная сцена — любое отдельно взятое состояние виртуальной реальности или модели, представляющего собой виртуальное пространство в трехмерном моделировании);
- создание карт-панорам с качественной отмывкой рельефа и использованием падающих теней.

Отмывка визуализируется с помощью инструмента «рендеринг»¹ (англ. — «rendering»), представляющего собой процесс получения растрового изображения из 3D-сцены с помощью алгоритмов компьютерной программы 3D-графики. «Рендеринг» позволяет одновременно со светотеневым оформлением рельефа местности выполнять текстурирование изображения. При работе с традиционными двухмерными картами растровая основа со светотеневым изображением рельефа обычно сохраняется в формате GeoTIFF (растровый формат с геопривязкой) для дальнейшей интеграции ее в ГИС. Для публикации готового картографического произведения в выбранных программных средствах создается макет для печати, либо карта сохраняется и экспортируется в электронном виде. Выбор формата зависит от способа дальнейшего использования карты: статического (на экране компьютера или в печатном виде), интерактивного или динамического.

2.2 Программные продукты для создания и практического применения трехмерных учебных карт

Для максимально эффективного использования цифровых возможностей в учебном процессе необходимо использовать современные средства обучения.

¹ Баранова Н.А. Особенности создания трехмерных карт со светотеневым оформлением рельефа // Географическое изучение территориальных систем. Сборник материалов XVI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Пермь, 2022. С. 303–305.

Автором выявлены и проанализированы как российские, так и зарубежные примеры практического применения цифровых технологий для создания и использования трехмерных карт в области образования.

С помощью современных программных средств возможно создавать электронные и печатные карты, полученные на основе одного и того же набора данных. Например, в «Швейцарский атлас мира» для средней школы входят электронные учебные карты, интерактивные карты в веб-версии и печатная версия. Атлас является основным картографическим произведением, которое используется для обучения географии во всех средних школах Швейцарии (**Рис. 1**).

Рис. 1 Печатная версия «Швейцарского атласа мира» для средней школы.

Fig. 1 Printed edition of “Swiss World Atlas” for secondary school.



Веб-версия атласа постоянно обновляется — добавляются дополнительные материалы, публикуются новые статьи. Веб-версия содержит большой объем электронных карт, а также цифровой интерактивный глобус, позволяющий пользователю «вращать» виртуальную 3D-модель местности, менять масштаб, делать видимыми и скрывать слои с тематической информацией².

В 2020 году печатная версия указанного атласа была обновлена, добавлена возможность использования технологии дополненной реальности (AR) тематически связанными данными. Для реализации приложения использован AR-движок «Vufogia» и игровой движок «Unity» [8].

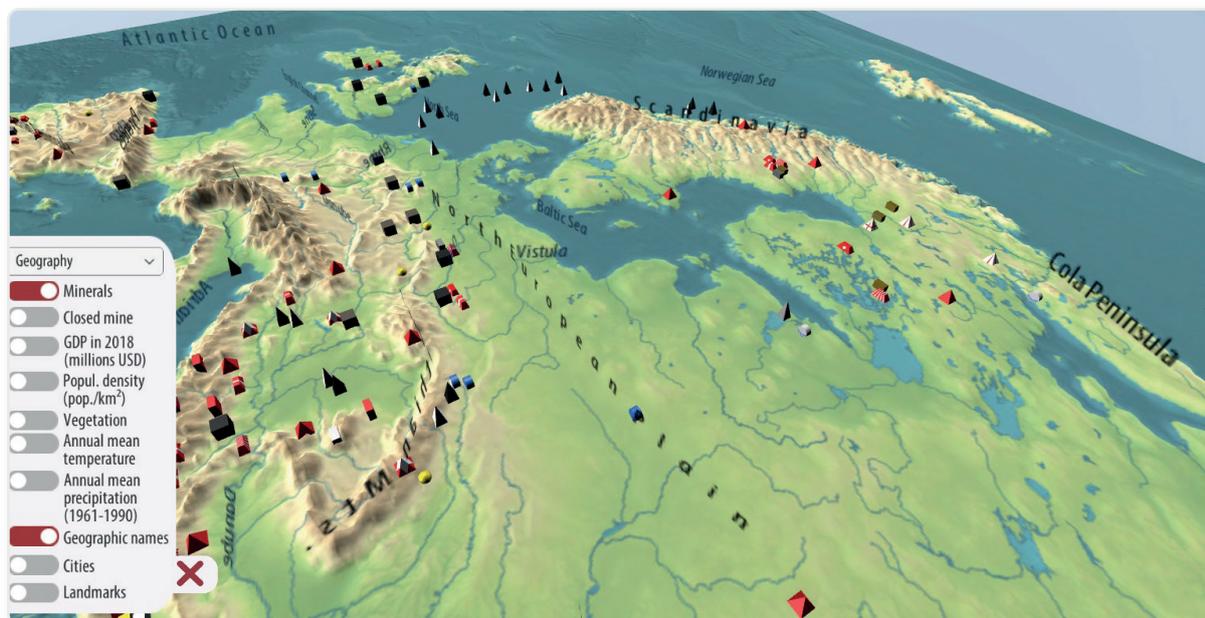
² Swiss World Atlas. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://schweizerweltatlas.ch/en/> (дата обращения: 09.03.2022).

Основными зарубежными ГИС, которые используют для создания карт, являются QGIS и ArcGIS. QGIS — система с открытым кодом. Для работы с трехмерными объектами используется модуль «Qgis2threejs». Программные средства ArcGIS предоставляют широкие возможности для создания, редактирования и публикации карт. Версия ArcGIS Pro поддерживает файлы CAD, BIM; возможен импорт трехмерных моделей различных форматов; представлен большой выбор инструментов геообработки, дополнительных модулей, различных возможностей публикации готового картографического произведения.

В качестве дополнительного материала для средней школы возможно использовать трехмерные карты, созданные с помощью программ трехмерной графики, что повышает качество визуализации. Например, проект Каталин Жолди (Dr. Katalin Zsoldi), докторанта кафедры картографии и геоинформатики Будапештского университета им. Лоранда Этвёша «Elsa 3D Maps» (Рис. 2), выполненный с помощью ArcGIS, модуля ArcGIS 3D Analyst и игрового движка «Unity» [9]. Проект содержит интерактивные карты Европы и Северной Америки, подробную трехмерную карту Будапешта, а также дополнительные картографические материалы³.

Рис. 2 Пример интерактивной трехмерной карты проекта «Elsa 3D Maps».

Fig. 2 The example of an interactive 3D map from “Elsa 3D Maps” project.



3 Elsa 3D Maps: school maps for education. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elsa3dmap.com/> (дата обращения: 05.03.2022).

В России в области образования трехмерные картографические произведения, не считая традиционных карт с отмывкой рельефа, используются достаточно редко. В средней школе представлено более десяти ГИС, предназначенных для учебных целей, в том числе с поддержкой трехмерного вида различных объектов. ГИС рассматриваются Л.Н. Макаровой⁴ и другими учеными-методистами [10] как полифункциональное и комплексное средство обучения. Использование информационных технологий позволяет вести преподавание на более высоком научном уровне, интегрировать знания по предмету, а обучающимся ощущать себя активными участниками процесса обучения, получать новые навыки, умения, анализировать, сопоставлять и находиться в постоянном поиске новых знаний. Однако следует учитывать, что ГИС требует знаний и навыков не только у обучающихся, но и у преподавателей. Этим объясняется тот факт, что ГИС, в связи со сложностью интерфейса и необходимостью разработки методической базы для внедрения современных компьютерных технологий, используются недостаточно широко. В высших учебных заведениях применение современных картографических материалов носит характер отдельных экспериментов, что увеличивает время и трудозатраты на изучение новых компьютерных образовательных технологий. Таким образом, выявлена необходимость обеспечения образовательного процесса, особенно в высших учебных заведениях современными картографическими материалами, в том числе — интерактивными и динамическими трехмерными картами.

2.3 Отечественное ПО в области трехмерного картографирования

Использование российского ПО — одна из важных задач в настоящее время. Среди российских программ, специализирующихся на 3D-графике, нет генераторов ландшафта, однако, представлены игровые движки. Игровой движок «UNIGINE» — это платформа 3D-визуализации, созданная в 2005 году. Существует несколько версий программы, бесплатная версия движка — «Community». В программе возможно создание симуляторов, видеоигр и систем виртуальной реальности, а также 3D-визуализация. Как и в других программах трехмерной графики, для визуализации в движке используется инструмент «рендеринг», подходящий даже для компьютеров с ограниченным объемом видеопамати⁵.

Российские геоинформационные системы различны и разнообразны. Существует много ГИС, в том числе и специализированных (например, ГИС ИНТЕГРО).

4 Макарова Л.Н. Применение технических средств на уроках географии // Вопросы Интернет образования, 2006. № 36. 28 с.

5 Ландшафт (Landscape Terrain) – Документация UNIGINE. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developer.unigine.com/ru/docs/latest/objects/objects/terrain/landscape_terrain/ (дата обращения: 11.03. 2022).

Средством работы с трехмерными моделями местности в ГИС «Панорама», является инструмент «Навигатор 3D»⁶. В программе можно свободно перемещаться по трехмерной модели в виртуальном пространстве, наклонять ее под нужным углом, опускаться и подниматься, менять освещение. Достоинством программы является возможность работы в синхронном режиме с трехмерной и двухмерной картами. ГИС «Панорама» обладает большими ресурсами для работы с цифровыми картами (топографическими, навигационными, морскими и др.), однако, возможности создания и загрузки сложных 3D-моделей ограничены.

Существуют российские ГИС, которые можно рассматривать как аналоги зарубежного ПО:

- 1) ГИС «Аксиома» — российский аналог MapInfo. Программы обладают схожим интерфейсом, множество функций реализовано схожим образом. Есть совместимость форматов с MapInfo.
- 2) NextGIS — российский аналог QGIS, система с открытым кодом. Функционал системы расширен с помощью дополнительных модулей NextGIS Web, NextGIS Mobile и NextGIS QGIS.
- 3) «НАША ГИС» — российский аналог ArcGIS. Пакет программных продуктов компании СибГеоПроект. Существует несколько приложений: Редактор, Вьювер, Сервер. «НАША ГИС» разработана в 2015 году в качестве замены продуктов компании ESRI ArcGIS.

3 Результаты

В результате проведенного сравнительного анализа технических возможностей программных средств выявлено, что ГИС «Панорама» позволяет создать 3D-сцену (виртуальную сцену) и выполнить «облет» территории. В программе ограничены возможности создания трехмерных карт со сложными 3D-моделями, наложением текстур и светотеневым оформлением рельефа. ГИС «Панорама» использует оригинальный классификатор, поэтому пользователю сложнее организовать систему взаимосвязей между объектами. Таким образом, для учебных целей желательно использовать ГИС, имеющие слоевую модель организации пространственных данных.

В связи с особенностью форматов и качеством визуализации были рассмотрены возможности ГИС с открытым кодом: NextGIS и QGIS и многофункциональные ГИС: ArcGIS и «НАША ГИС» (Табл. 1).

Если сравнивать российские и зарубежные ГИС с открытым кодом, то возможности программ для создания трехмерных карт на основе ЦМР схожи. Интерфейс программы NextGIS практически совпадает с QGIS (Рис. 3).

⁶ Трехмерная модель местности в ГИС «Панорама». [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://gisinfo.ru/3d/3d_model.htm (дата обращения: 11.03.2022).

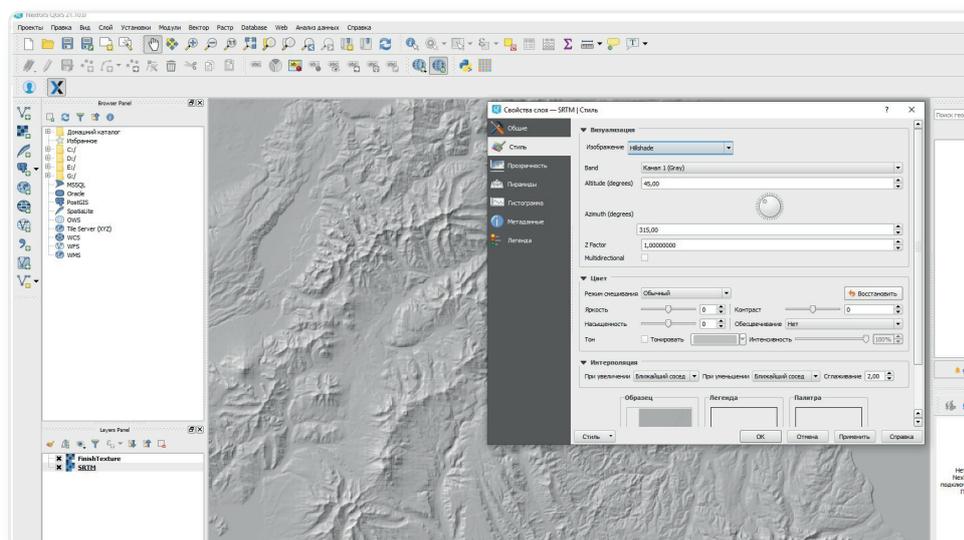
Таблица 1 Сравнение ГИС с открытым кодом NextGIS и многофункциональной ГИС «НАША ГИС» с зарубежными аналогами.

Table 1 Comparison of open source GIS NextGIS and multifunctional GIS “NASHA GIS” with foreign analogs.

Зарубежные ГИС		Российские ГИС	
ArcGIS	QGIS	NextGIS	«НАША ГИС»
Лицензия ПО			
Платная	Бесплатная	Бесплатная	Пробная версия (30 дней бесплатно), можно запросить лицензию по почте
Функционал для создания, загрузки готовой ЦМР; функционал для создания отмывки рельефа			
Есть	Есть	Есть	Есть
Возможность работы с 3D-моделями			
Есть встроенный модуль 3D Analyst, предоставляет возможности по созданию, редактированию и оформлению 3D-моделей	Есть встроенный модуль Qgis2threejs, визуализация отдельном окне, возможен экспорт изображения	Есть дополнительный модуль Qgis2threejs, возможен экспорт изображения	Отсутствует
Настройка 3D сцены			
Есть возможность задать параметры 3D-сцены и освещения	Есть изменение угла наклона и точки взгляда на 3D-сцену	Есть изменение угла наклона и точки взгляда на 3D-сцену	Отсутствует

Рис. 3 Интерфейс программы NextGIS.

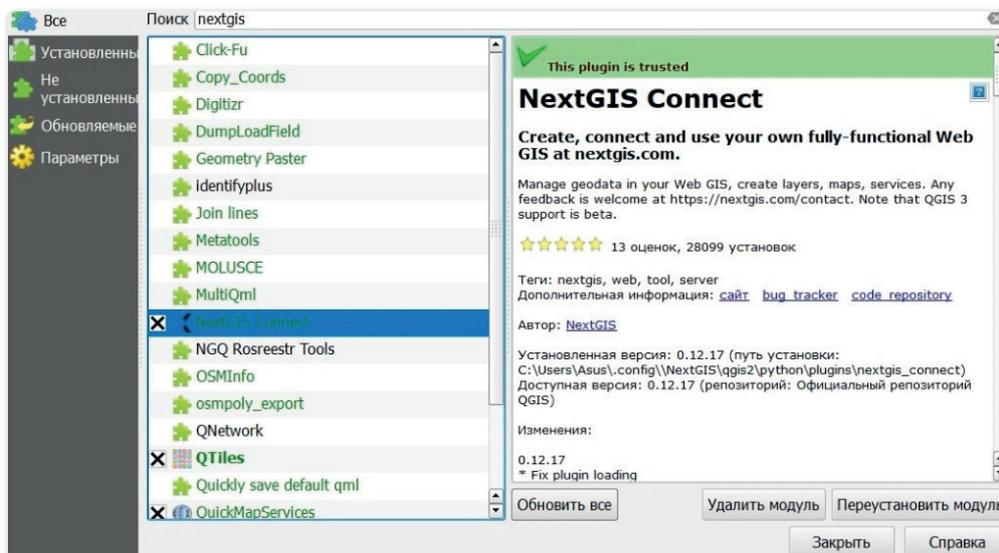
Fig. 3 Interface of NextGIS program.



Для создания 3D-сцены в обеих программах используется модуль «Qgis2threejs», но в NextGIS его необходимо загрузить дополнительно. QGIS и NextGIS позволяют создать и опубликовать интерактивную веб-карту. В случае использования российского ПО необходимо выгрузить проект карты через NextGIS QGIS с помощью NextGIS Connect (Рис 4).

Рис. 4 Загрузка модуля NextGIS Connect.

Fig. 4 Loading NextGIS Connect module.



На сервере NextGIS⁷ в бесплатной версии нельзя опубликовать трехмерную карту, только двухмерную. Публикация трехмерной карты возможна на собственном сервере или на одном из поддерживающих веб-сайтов.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что «НАША ГИС» имеет функционал для создания отмывки рельефа, но не поддерживает работу с трехмерными картами, а позволяет работать только с двухмерными данными в форматах ArcGIS. Для просмотра рабочего набора из программы ArcGIS достаточно использовать приложение Вьювер, входящее в пакет программных продуктов «НАША ГИС». Для редактирования необходимо сохранить исходный файл в формат программы «НАША ГИС» — MAPDOC. Программа «НАША ГИС» подходит для создания двухмерных карт и карт, трехмерность на которых ощущается визуально, с помощью графических и технических средств.

В игровых движках, как российских, так и зарубежных, для качественной визуализации используют инструмент «рендеринг». Отмывка рельефа создается на основе исходной ЦМР, отсутствуют разрывы в экстремальных значениях.

7 Облачный сервис NextGIS. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nextgis.com/> (дата обращения: 15.02.2022).

В игровом движке UNIGINE можно создать высококачественную 3D-визуализацию. Тем не менее, возможности создания трехмерной карты ограничены: отсутствуют настройки добавления и изменения системы координат. При необходимости создания сложных 3D-моделей объектов целесообразно использовать зарубежные программы. Плагин BlenderGIS программы 3D-графики Blender позволяет менять системы координат, загружать базовые карты, создавать трехмерную модель местности [8, 11].

4 Обсуждение результатов и выводы

В статье проведен сравнительный анализ отечественных и зарубежных ГИС, программ 3D графики. Рассмотрен российский аналог западных игровых движков — UNIGINE. Проанализированы возможности создания ЦМР, светотеневого оформления (отмывки) рельефа, 3D-моделей и электронных трехмерных карт. Выявлено, что трехмерные карты могут быть созданы с помощью отечественного программного обеспечения, что снижает зависимость от иностранных программ и Интернет-ресурсов. Такие карты могут быть представлены как в статическом виде (на экране компьютера или в печатном виде), так и в трехмерном цифровом виде (интерактивные трехмерные карты, динамические карты и анимации).

Программа «НАША ГИС» не поддерживает работу с трехмерными картами, однако ее можно использовать для работы с картами, визуально воспринимаемыми как трехмерные: перспективными, картами-панорамами и др. Трехмерные карты, созданные в отечественных ГИС, например, ГИС «Панорама», дают возможность так называемого «облета» местности и разбиения на «сцены». Создавать трехмерные карты в российских ГИС возможно с помощью дополнительных модулей. Однако в случае, если карта содержит сложные 3D-модели, целесообразно использовать программы 3D-графики. Например, зарубежная программа Blender позволяет создавать не только 3D-модели объектов, но и цифровые трехмерные модели местности с помощью плагина BlenderGIS.

Отечественные и зарубежные ГИС с открытым кодом аналогичны в части создания ЦМР и цифровой трехмерной модели местности, редактирования трехмерного картографического произведения. Публикация интерактивной или динамической трехмерной карты на сервере российской разработки NextGIS ограничена, но возможно опубликовать карту на своем сервере или другом сайте, поддерживающем веб-карты. В случае, если необходимо использовать интерактивную карту в автономном режиме, целесообразно воспользоваться ПО других производителей. Программные продукты ESRI, например, ArcGIS Enterprise, позволяют быстро опубликовать и использовать карты на экранах компьютеров и мобильных устройств, помещать их в настольные приложения

и веб-браузеры. Преимуществом версии является возможность просматривать карты без доступа в сеть Интернет.

Работа с интерактивной учебной картой в автономном режиме позволяет использовать ее на интерактивной доске в учебной аудитории или же познакомить обучающихся с картой при проецировании с компьютера. Для динамических карт созданную анимацию можно либо экспортировать в видеофайл, либо в покадровую последовательность изображений (GIF-анимация). Допускается сочетание на карте анимации и интерактивных элементов. У трехмерных учебных карт есть возможность встроиться в технологию виртуальной и дополненной реальности [12, 13] при условии изменения отображения элементов общегеографического и тематического содержания.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Крейдер О.А. ГИС как инструмент экологического образования // Геоинформатика. 2004. № 4. С. 37–42.
2. Летягин А.А. Современные информационные и коммуникационные технологии в процессе обучения географии // География в школе. 2007. № 4. С. 63–64.
3. Новенко Д.В. Использование геоинформационных технологий в школьном географическом образовании // География в школе. 2013. № 7. С. 36–40.
4. Федоровских А.В. ГИС-технологии как средство совершенствования содержания школьного географического образования // География в школе. 2018. № 1.
5. Ковалева О.В., Баранова Н.А. Трехмерное картографирование: подходы, методы, классификации // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2022. Т. 66. № 3. С. 77–91. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91
6. Верещака Т.В., Ковалева О.В. Изображение рельефа на картах: теория и методы (оформительский аспект). М.: Науч. мир, 2016. 181 с.
7. Ковалева О.В. Совершенствование изображения рельефа на мелкомасштабных картах: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.33 «Картография». 2012. 218 с.
8. Schnürer R., Dind C., Schalcher S., Tschudi P., Hurni L. Augmenting Printed School Atlases with Thematic 3D Maps // Multimodal Technologies and Interaction. 2020. Vol. 4. № 2. 23 p. DOI:10.3390/mti4020023.
9. Zcoldi K. 3D and animation technologies in thematic cartography // Geodesy and Cartography. 2014. Vol. 7–8. № 66. P. 20–25. (In Hungarian).
10. Жигулина О.В., Бочарникова Э.А. Использование геоинформационных систем на уроках географии // Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 255–257.
11. Флоринский И.В., Филиппов С.В. Трёхмерное моделирование рельефа: применение пакета Blender // ИнтерКарто/ИнтерГИС 24: Материалы Международной конференции, Петрозаводск, Бонн, Анкоридж, Ч. 2. 2018. С. 250–261. DOI:10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261.
12. Bandrova T. Designing of symbol system for 3D city maps // 20th International Cartographic Conference. 2001. P. 1002–1010.

13. Yonov N., Bandrova T. Using Augmented Reality to Make School Atlases More User-Friendly for Schoolchildren // Kartografija i Geoinformacije. 2021. Vol. 20. № 36. P. 4–15.

АВТОР

Баранова Наталья Александровна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»

(МИИГАиК), Москва, Россия

кафедра визуализации геоданных и картографического дизайна

картографический факультет

 0000-0002-7355-7315

Поступила 20.06.2022. Принята к публикации 10.12.2022. Опубликовано 25.12.2022.

UDC 528.91

DOI:10.30533/scidata-2022-13-04



Challenges of Russian software in creating 3D maps

Natalia A. Baranova¹✉

AFFILIATIONS

¹ Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

✉ nat.baranovaa@yandex.ru

CITATION

Baranova NA. Challenges of Russian software in creating 3D maps. *Spatial Data: science, research and technology*. 2022;13: 43-58. DOI:10.30533/scidata-2022-13-04.

KEYWORDS

digital terrain modelling, space perception, 3D-visualization, geoinformation systems, educational activity

ABSTRACT

This article considers possibilities of national software tools to create 3D maps for educational purposes. When creating 3D maps for academic purposes it is necessary to take into account the requirements for such maps and working programs of the disciplines in the Earth Sciences module, and to choose software that allows creating cartographic products in static, interactively or dynamically as well. The article presents a comparative analysis of national and foreign software tools for three-dimensional cartographic products created on the basis of a 3D terrain model. The author also considers the possibilities of the Russian software tools for academic 3D maps. The advantages and disadvantages of geoinformation systems (GIS) and 3D graphics programs were stated in the paper. It is concluded that a similar interface and capabilities of open GIS. Possibilities of GIS and game engines for creating 3D terrain models, 3D-scenes and the territory «flight around» by means of national software are considered.

REFERENCES

1. Krejder OA. GIS kak instrument jekologicheskogo obrazovanija [GIS as an instrumental and environmental education]. *Geoinformatics*. 2004;4: 37–42. (In Russian).
2. Letjagin AA. Sovremennye informacionnye i kommunikacionnye tehnologii v processe obuchenija geografii [Modern information and communication technologies in geography education]. *Geography at school*. 2007;4: 63–64. (In Russian).
3. Novenko DV. Ispol'zovanie geoinformacionnyh tehnologij v shkol'nom geograficheskom obrazovanii [The use of geographic information systems school geographical education]. *Geography at school*. 2013;7: 36–40. (In Russian).
4. Fedorovskih AV. GIS-tehnologii kak sredstvo sovershenstvovanija sodержanija shkol'nogo geograficheskogo obrazovanija [GIS technologies as a means of improving the content of school geographical education]. *Geography at school*. 2018; 1. (In Russian).
5. Kovaleva OV, Baranova NA. Trehmernoe kartografirovanie: podhody, metody, klassifikacii [Three-dimensional mapping: methods, approaches, classifications]. *Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying*. 2022;66(3): 77–91. DOI:10.30533/0536-101X-2022-66-3-77-91. (In Russian).
6. Vereshchaka TV, Kovaleva OV. *Izobrazhenie rel'yefa na kartakh. Teoriya i metody (ofornitel'skiy aspekt)* [The image of the relief on the maps. Theory and methods (design aspect)]. Moscow: Scientific World Publ.; 2016. 184 p. (In Russian).
7. Kovaleva OV. *Sovershenstvovanie izobrazheniya rel'efa na melkomasshtabnyh kartah* [Improving the relief image on small-scale maps]. Ph.D thesis. Moscow: 2012; 218 p. (In Russian).
8. Schnürer R, Dind C, Schalcher S, Tschudi P, Hurni L. Augmenting Printed School Atlases with Thematic 3D Maps. *Multimodal Technologies and Interaction*. 2020;4(2): 23. DOI:10.3390/mti4020023.
9. Zcoldi K. 3D and animation technologies in the thematic cartography. *Geodesy and Cartography*. 2014;7–8(66): 20–25. (In Hungarian).
10. Zhigulina OV, Bocharnikova JeA. Ispol'zovanie geoinformacionnyh sistem na urokah geografii [The use of geographic information systems in geography classes]. *Young Scientist*. 2014;12(71): 255–257. (In Russian).
11. Florinsky IV, Filippov SV. Trjohmernoe modelirovanie rel'efa: primenenie paketa Blender [Three-dimensional terrain modeling: Application of the Blender package]. *Proceedings of the International conference "InterCarto. InterGIS", Petrozavodsk, Bonn, Anchorage, Part 2*. 2018;24(2): 250–261. (In Russian). DOI:10.24057/2414-9179-2018-2-24-250-261.
12. Bandrova T. Designing of symbol system for 3D city maps. *Proceedings of the 20th International Cartographic Conference*. 2001;2: 1002–1010.
13. Yonov N, Bandrova T. Using Augmented Reality to Make School Atlases More User-Friendly for Schoolchildren. *Cartography and Geoinformation*. 2021;20(36): 4–15.

AUTHOR

Natalia A. Baranova

Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

Department of Geodata Visualization and Cartographic Design, Cartography Faculty

 0000-0002-7355-7315

Submitted: June 20, 2022. Accepted: December 10, 2022. Published: December 25, 2022.