

Историческая информатика

Правильная ссылка на статью:

Латкин В.А., Крупочкин Е.П., Владимиров В.Н. — Технологические подходы и прикладные аспекты 3D-картографирования Транссибирской магистрали (на примере Тарманчуканского тоннеля) // Историческая информатика. – 2022. – № 1. – С. 74 - 91. DOI: 10.7256/2585-7797.2022.1.37779 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=37779

Технологические подходы и прикладные аспекты 3D-картографирования Транссибирской магистрали (на примере Тарманчуканского тоннеля)

Латкин Вадим Александрович

ORCID: 0000-0002-9353-0662

аспирант, кафедра геодезии, физики и инженерных сооружений, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный аграрный университет"

656049, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, 29а, каб. 1103/3

✉ latkinvadim@mail.ru



Крупочкин Евгений Петрович

кандидат географических наук

доцент, кафедра экономической географии и картографии, Алтайский государственный университет

656049, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Проспект Ленина, 61, ауд. 502М

✉ krupochkin@mail.ru



Владимиров Владимир Николаевич

доктор исторических наук

профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный университет"

656049, Россия, Алтайский край, г. Барнаул, проспект Ленина, 61, ауд. 312

✉ wladimirov@icloud.com



[Статья из рубрики "Геоинформационные системы и 3D-реконструкции"](#)

DOI:

10.7256/2585-7797.2022.1.37779

Дата направления статьи в редакцию:

02-04-2022

Дата публикации:

11-05-2022

Аннотация: В связи с реализацией проекта по сохранению культурно-исторического наследия, связанного с созданием и реконструкцией Транссибирской магистрали, авторами настоящей статьи предложена технология построения трехмерных

картографических изображений и ее реализация на примере одного из самых известных участков Транссиба – Тарманчуканского тоннеля, который является одним из наиболее протяженных в мире. Целью данной работы является построение 3D-карты тоннеля с использованием игрового движка Prism3D. В статье подробно изложены базовые принципы построения 3D-моделей и 3D-карт, описана процедура поэтапного создания 3D-карты Тарманчуканского тоннеля с высокой детализацией и текстурой. Созданный продукт является, по сути, объектом виртуальной реальности, максимально приближенной копией оригинала. Для его использования нет необходимости применять специальный шлем, вполне достаточно воспользоваться интерфейсом рекомендуемых программ. Высокая степень детализации модели позволяет получить полную информацию о моделируемом объекте, включая мелкие детали. В результате представленной работы получена максимально реалистичная карта одного из самых известных в мире тоннелей – Тарманчуканского. При этом географические особенности рельефа и ландшафт в полной мере отражены на самой 3D-карте, доступ и просмотр которой в ближайшее время будет возможен на сайте исторического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Ключевые слова: ГИС-технологии, Тарманчуканский тоннель, технология 3D-картографирования, пространственные исторические данные, 3D-игровые движки, трехмерная картографическая модель, платформа Prism3D, Транссибирская магистраль, проект, карта

Исследование проводится в рамках научного проекта «Роль Транссибирской магистрали в развитии инфраструктуры, экономики и социально-демографического потенциала восточных районов позднеимперской России», поддержанного в 2021 г. Русским географическим обществом (РГО).

Введение

Представленная работа продолжает серию публикаций по научному проекту «Роль Транссибирской магистрали в развитии инфраструктуры, экономики и социально-демографического потенциала восточных районов позднеимперской России» при поддержке Русского географического общества. Ранее в статье Т.Я. Валетова рассматривались вопросы использования открытых картографических сервисов (Google, Яндекс, Bing, OpenStreetMap, Wikimapia и др.). Особое внимание уделено работе с картографическим сервисом GoogleEarth. Проведено сравнение доступных картографических сервисов с космическими снимками Земли в контексте решаемых задач [\[1\]](#).

В статье В.Н. Владимирова и Е.П. Крупочкина предложено создание тематического ресурса по истории Транссибирской железной дороги с использованием современного Web-ГИС инструментария. По мнению авторов, это позволяет аккумулировать собранную в ходе исследований источниковую информацию и представить ее в доступной и удобной форме. Предложены несколько режимов работы с онлайн-ГИС – интерактивный, табличный (с описанием источниковой базы), а также режим редактирования информации в базе облачного хранилища либо в ограниченном режиме ввода или загрузки данных. Авторами запущен ГИС-проект по Транссибу с доступными слоями, сгенерированными и отредактированными на основе оцифровки исторических и современных карт разных масштабов [\[2\]](#).

Тарманчуканский тоннель – это один из семи Хинганских тоннелей, расположенный на 8140-м километре Транссибирской магистрали в Архаринском районе Амурской области между станциями Тарманчукан и Кундур-Хабаровский. Это самый длинный тоннель Транссибирской магистрали, длина которого составляет 2030 м.

Старый однопутный тоннель был построен в 1916 г. и законсервирован в 2005 г. Ключевая проблема состояла в сложных гидрогеологических условиях, приведших к значительной обводненности и склонности к большому наледообразованию. Поэтому в 1990 г. началось сооружение нового двухпутного тоннеля.

Проект Тарманчуканского тоннеля разработан филиалом «Бамтоннельпроект» проектного института «Ленметрогипротранс» с привлечением субподрядной организации института «Дальгипротранс». Ввиду того что строительство тоннеля при нормативном сроке 5 лет растянулось на 14 лет из-за недостаточного финансирования, устарели технические условия и подходы к строительству тоннеля. Поэтому институтом «Дальгипротранс» проводилась корректировка проекта. Вследствие того, что геологический разрез был сделан условно при проходке тоннеля выявилось несоответствие гидрогеологических характеристик проекту. Водоприток в тоннель составил 1.5-2.5 куб.м/час. Для решения этой проблемы в 2002 г. была осуществлена проходка дренажной штольни на всю длину тоннеля с устройством калтажных скважин и сбоями с основным сооружением.

Исходя из фактических горногеологических условий, проходка Тарманчуканского тоннеля велась на всем протяжении способом нижнего уступа заходками от 1 до 3 метров с использованием метода гладкого взрывания. Бурение осуществлялось самоходной буровой на шасси МоАЗ-64011 с двумя манипуляторами, позволяющей обуривать с одной позиции забой площадью до 40 м². Постоянная обделка тоннеля принята из монолитного железобетона с подковообразным внутренним поперечным очертанием с обратным сводом для восприятия гидростатического давления. Сооружен тоннель в грунтах с широким диапазоном свойств: так крепость пород колеблется от 1 до 12 по шкале проф. Протодьяконова [3].

Методы и технологии

Переходя к ключевым аспектам используемой нами технологии и основным отличиям традиционных картографических моделей от трехмерных, отметим, что обычные двумерные карты ограничивают восприятие человека до двух измерений. Настоящая революция в картографии произошла с развитием таких направлений, как мобильная, мультимедийная и анимационная картография. Особого же внимания заслуживает переход от двумерных к трёхмерным картам, появившимся в результате формирования нового научного направления – цифрового трёхмерного (3D) картографирования.

Дать точное определение трёхмерных карт достаточно сложно. Трактовать их, как и в случае с двумерными аналогами, можно по-разному, поскольку 3D-карты могут иметь различные формы и свойства, разные интерфейсы и инструменты взаимодействия, использоваться в различных приложениях, а также основываться на различных технических решениях.

Следует отметить, что в настоящее время потенциал 3D-картографирования используется не полностью. Причиной этого может быть сложность качественных 3D-решений и, как следствие, – увеличение времени и стоимости разработки систем. Не стоит забывать и о таких факторах, как более высокие требования к оборудованию для 3D-систем, а также уже сложившиеся традиции и привычки картографов и пользователей карт старшего

поколения, знакомых с традиционными картами. Не решена до конца и проблема наличия съёмочных данных достаточного качества для трёхмерного отображения той или иной территории. В основном внимание уделяется застроенным городским пространствам, гораздо меньше – сельским территориям. В настоящее время многие доступные продукты на основе 3D-карт далеки от совершенства в интерфейсе и качестве отображения [\[4\]](#).

Целью данной работы является построение 3D-карты одного из участков Транссибирской магистрали (Тарманчуканского тоннеля) с использованием игрового движка Prism3D.

Решаемые задачи:

1. Обоснование выбранной авторами технологии, описание основных этапов построения 3D-карты с использованием пространственной информации (пространственных координат).
2. Сравнительный анализ полученных результатов на основе информации, доступной в сети Интернет.
3. Разработка инструкции для работы с полученным цифровым продуктом.

Говоря об актуальности разработки и использования трёхмерных карт, стоит отметить, что они имеют широкий спектр потенциальных применений в навигации, туризме, городском планировании, экологии, ландшафтном дизайне и других сферах человеческой деятельности. Наличие трёхмерных карт территории, на которой запланировано строительство или реконструкция каких-то объектов, позволяет наглядно и детально воспринять новый объект, достаточно быстро принять необходимые решения, а также ускорить процессы проектирования и согласования. Визуально привлекательные 3D-модели являются эффективным способом доведения решений о планировании до общественности [\[4, 5\]](#).

По сравнению с двумерными трёхмерные карты предлагают значительные улучшения и преимущества. Всё, что нас окружает в реальности, – это объёмный трёхмерный мир, поэтому основное преимущество трёхмерных карт заключается в наиболее достоверном представлении, высокой степени узнаваемости изображенных объектов трёхмерного пространства пользователем. Это следствие того, как трёхмерные изображения представляются нашему мозгу, причём с самого детства, когда мы учимся распознавать те предметы, которые нас окружают: дома, деревья, автомобили и прочее.

Также стоит отметить тот факт, что традиционные карты непросто дешифровать. Ведь сначала необходимо мысленно представить отображённую область, затем перевести изображённые с помощью легенды символы и сопоставить карту с реальным миром. Соответственно, процесс дешифрирования требует определённого времени и усилий, в результате чего у многих людей возникают трудности в использовании двумерных карт. 3D-карты в этом плане гораздо проще для представления, и их без особого труда могут использовать для своих целей не только специалисты, но и обычные пользователи, не связанные с картографией [\[4\]](#).

Необходимо понимать, какие виды 3D-представлений существуют. В процессе анализа различных литературных источников удалось выявить два схожих понятия: 3D-карта и 3D-модель местности, или цифровая модель местности (ЦММ). В нашей стране эти понятия часто являются синонимами, заменяют друг друга, и чёткого разделения между ними нет. Но в зарубежной литературе были сделаны попытки выявить различия между

ними, а точнее между такими дисциплинами, как картография и геовизуализация. Касаясь видов 3D-представлений [\[4, 5\]](#), мы исходим из того, что по своей сути 3D-карта является продуктом картографии, а трёхмерная модель местности – результатом геовизуализации. Рассмотрим подробнее, в чём их особенности и различия.

Проведём аналогию с географическим глобусом – моделью нашей планеты. Изначально он представляет собой простую материальную поверхность в форме шара, на которую впоследствии «натягивается» либо спутниковый снимок реальной поверхности Земли, либо 2D-карта. Примерно так же строится и трёхмерная модель местности, при этом есть 2 варианта:

1. Специалисты с помощью специального оборудования сканируют поверхность Земли, фотографируют с разных ракурсов объекты местности. Затем из полученных материалов с данными географической привязки в камеральных условиях получают готовое трёхмерное изображение, на котором всё точно изображено, как в реальности, только в уменьшенном масштабе.

2. В специализированных программах (ГИС, графических редакторах) строится облако множества точек, имеющих плановое и высотное положение. Получается поверхность, на которую затем накладывают спутниковый снимок поверхности Земли с геоданными привязки. Таким образом, сначала получают цифровую модель рельефа (ЦМР, 2.5D-представление). Затем на эту поверхность наносятся различные трёхмерные объекты, смоделированные заранее. Они могут в точности не повторять реальные аналоги, но быть схожими с ними. В итоге получается цифровая модель местности (ЦММ, 3D-представление).

Однако независимо от того, какой вариант построения трёхмерной модели местности используется, при её создании возникает необходимость в уже готовых фотоматериалах (снимки поверхности, фотографии объектов). Это свидетельствует о том, что модель полностью (или практически) фотореалистична. Но фотореализм помимо очевидной пользы имеет и обратную сторону – перенасыщает модель информацией, не являющейся необходимой при анализе и не дающей сконцентрироваться на более важных вещах. Также, имея снимки поверхности и фотографии объектов в готовой модели, нельзя производить какие-либо правки, т.е. работать с изображением поверхности, либо с точечными объектами на ней. Кроме того, само спутниковое изображение поверхности плоское, нет объёмного отображения её составляющих (например, типа травянистой растительности, различных культур, материалов, что может иметь большое значение при анализе) [\[5\]](#).

Гораздо более трудоёмким по времени и сложным с точки зрения человеческих сил и возможностей является создание трёхмерной карты. Трёхмерная карта (3D-карта) – это своеобразный конструктор, где всё построение происходит «с нуля». Готовые снимки местности и фотографии объектов используются лишь для того, чтобы узнать необходимую информацию, однако на саму карту они не наносятся. Для того, чтобы отобразить поверхность местности на трёхмерной карте (вместе с объектами), необходимо выполнить несколько важных этапов работы.

Первый этап – предварительное моделирование в специальной программе. В случае с поверхностью может быть смоделирован шаблон небольшого участка. При этом поверхность Земли на карте может быть смоделирована по высотным данным (облаку точек, изолиниям), либо вообще сконструирована вручную в виде самостоятельного формирования уклонов. Моделируются для дальнейшего размещения также отдельные

точечные объекты: деревья, здания, различные знаки и др.

Второй этап – пространственное координирование или геопривязка, предполагающее размещение на поверхности по математическим законам в соответствии с реальным пространственным положением (т.е. с учетом координат, расстояний и углов).

Для эффективного представления действительности совсем не обязательно отображать ситуацию с фотографической точностью, как это делается в 3D-моделях местности. Главное – придерживаться определённых картографических правил: математический закон переноса (проецирования) изображений и объектов в пространстве, символизация, абстракция, генерализация.

Символизация представляет собой непосредственное использование 3D-символов на карте. Для распознавания таких символов, если они правильно разработаны, не требуется специальная подготовка или условные обозначения, поскольку они отражают объекты реального мира, информация о которых накапливается у пользователя из предыдущего жизненного опыта.

Используя правило абстракции, на карте учитывают исключительно объекты или свойства, имеющие определённое значение и необходимые для отображения. Другими, несущественными характеристиками или предметами можно пренебречь. Карта может казаться несколько «пустой», но на самом деле являться более эффективной, чем карта/модель, перегруженная информацией.

Генерализация или обобщение – это объединение определённых свойств однородных объектов. К ним относятся водные объекты, растительность, пути сообщения, недвижимость и т.д. При моделировании и нанесении на карту нет необходимости учитывать особенности каждого отдельного объекта, достаточно того, чтобы он отражал основные отличительные и важные характеристики своей группы. Например, при картографировании местности для отображения травянистой растительности нет необходимости отражать отдельные виды трав одного типа, их пестроту, а можно объединить в общую – степную растительность [5].

Важной стороной вопроса в трехмерном картографировании является использование специализированного программного обеспечения. К уже известным программам с возможностями 3D-представления относятся ГИС «Панорама», MapInfo Professional (Virtual Mapper), ArcGIS (Arc Scene), ArchiCAD и др. [6, 7, 8]. В процессе анализа сформировалось субъективное мнение о существенных недостатках упомянутых продуктов, среди которых следует отметить низкое качество моделей и отображения, отсутствие большого разнообразия типов и форм объектов в определённых группах (растительности, дорожного сообщения, строений и т.п.) или вовсе отсутствие некоторых видов [4].

В связи с этим появилась необходимость качественно усовершенствовать итоговый результат трёхмерных карт. Возникла идея, заключающаяся в применении для этой цели *игровых движков*. Нельзя назвать её кардинально новой [9, 10], однако в России, как правило, основное внимание уделяется именно специализированным ГИС, некоторые примеры которых были приведены выше. С использованием возможностей сети Интернет был осуществлён поиск подходящего картографирования средства. Был выбран и проанализирован игровой движок Prism3D, который предназначен для работы с большими открытыми пространствами. В 2012 г. на его основе была разработана компьютерная игра, где создание игрового мира осуществлялось в графическом

редакторе. Данный движок был принят во внимание с целью создания трёхмерной карты [\[4\]](#).

Среди основных областей интерфейса редактора можно выделить следующие (отмечены цифрами):

- 1. Главное меню** – обеспечивает доступ ко всем возможностям редактора.
- 2. Панель инструментов** – представляет собой набор инструментов для создания карты и определённых механизмов управления.
- 3. Строка состояния** – отображает текущую позицию курсора мыши при его перемещении в окне карты (в собственных трёхмерных координатах редактора), информацию об объекте карты при его выборе, расстояния между определёнными точками.
- 4. Область карты** – непосредственно картографическое отображение местности.

Вся основная работа по созданию 3D-карты заключалась в размещении трёхмерных моделей поверхности местности и объектов. Перед началом картографирования необходимо было провести некоторую подготовительную работу – определить масштаб карты и настроить систему координат редактора.

Перед созданием любой карты нужно определиться с её масштабом. Сразу стоит отметить, что на трёхмерной карте понятие масштаба несколько отличается от общепринятого понимания. Традиционно *масштаб* 2D-карты трактуется как «степень уменьшения объектов на карте относительно их размеров на земной поверхности» [\[11\]](#). Т.е., например, масштаб 1:10000 означает, что размер объекта на карте в 10000 раз меньше его реального размера на местности.

К трёхмерной карте такое понимание масштаба не подходит по причине возможности свободного перемещения в пространстве (приближения к объектам или удаления от них), а также из-за применения правил абстракции и обобщения. Поэтому определим масштаб создаваемой 3D-карты как степень соответствия измеренных на карте расстояний действительным (реальным) расстояниям на местности.

Настройка системы координат производилась следующим образом. Местоположение любого объекта на карте определяется по пространственным данным – расстояниям, углам, координатам. В трёхмерной картографии к двум традиционным координатам X и Y добавляется третья – Z или H (высота). Существует много различных систем координат, и, прежде чем приступить к размещению объектов на карте, необходимо ознакомиться с системой координат графического редактора.

Так как изначально редактор не предназначен для научных целей, то и система координат в нём является специфичной. На рис. 1-2 представлены порядок расположения координат в окне редактора, а также направление осей X и Y (вид сверху).

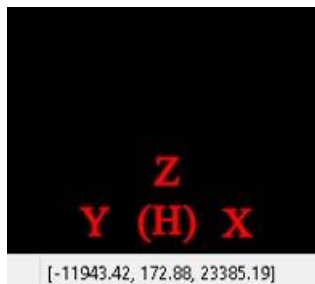


Рис.1. Порядок расположения координат в редакторе

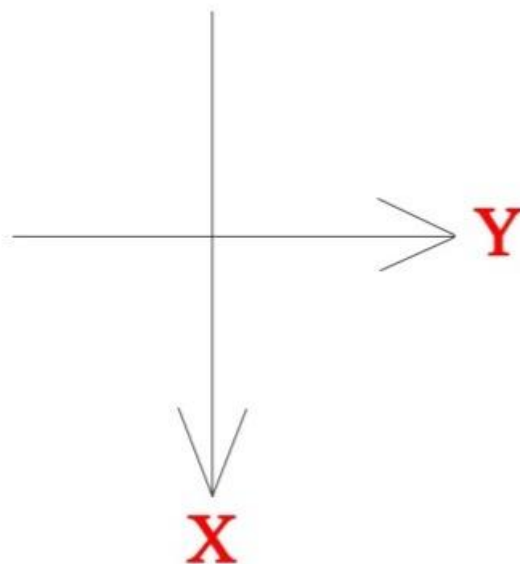


Рис.2. Направление X и Y

Данная система координат является прямоугольной. Однако она организована несколько иначе: как будто зеркально отражена по оси X, которая направлена вниз. Для того чтобы нанести объекты на создаваемую карту по реальным координатам, используя интернет-ресурс «Google Карты», в котором применена система координат WGS-84, необходимо рассчитать формулы приведения координат редактора к реальным координатам.

За начальную точку карты (0,00; 0,00) взят северо-западный въезд в Тарманчуканский тоннель (49.171850°; 130.680730°), находящийся «на 8140-м километре Транссибирской магистрали в Архаринском районе Амурской области...» [\[12\]](#). Для перехода от географических координат к прямоугольным необходимо знать, чему равен 1° в метрах. Зная географические координаты двух точек сначала по оси X, затем по оси Y, а также расстояния между точками, можно получить значение 1° в метрах по меридиану, а также по параллели.

Для получения этого значения были произведены следующие действия (для меридиана и параллели аналогичные):

1. Взятые две точки, определены их географические координаты с использованием ГИС Google Карты, измерено расстояние между ними с использованием ГИС Google Earth.
2. Взяв разницу координат двух точек в градусах и умножив на искомое значение 1° в метрах, можно получить расстояние между двумя точками. Соответственно, уже зная расстояние, можно вычислить длину 1° по меридиану и параллели.

В итоге были получены следующие значения:

Длина 1° по меридиану = 113450 м.

Длина 1° по параллели = 72775 м.

Конечно, если учитывать форму Земли, на разных широтах значения будут отличаться. Но при картографировании локального объекта, занимающего относительно небольшую площадь, разница широт будет небольшой, поэтому изменениями можно пренебречь и принять полученные значения длины 1° в метрах по меридиану и параллели за постоянные.

Учитывая географические координаты начальной точки, значения длины 1° по меридиану и параллели в метрах, а также направления осей в графическом редакторе (рис 2), были предложены формулы перехода от одних координат к другим.

– Переход от реальных координат к координатам карты :

$$X \text{ карты, м} = (49,171850^\circ - X \text{ реал. } ^\circ) * 113\,450 \text{ м} \quad (1)$$

$$Y \text{ карты, м} = (Y \text{ реал. } ^\circ - 130,680730^\circ) * 72\,775 \text{ м} \quad (2)$$

– Переход от координат карты к реальным :

$$X \text{ реал., } ^\circ = 49,171850^\circ - \frac{X_{\text{карты}}(\text{м})}{113\,450 \text{ м}}$$

$$Y \text{ реал., } ^\circ = 130,680730^\circ + \frac{Y_{\text{карты}}(\text{м})}{72\,775 \text{ м}}$$

Для создания трёхмерной карты были использованы следующие исходные материалы:

1. Данные космической и наземной съёмки местности в сети Интернет.
2. Технические средства (персональный компьютер с составляющими элементами), необходимое программное обеспечение (графический редактор Prism3D).
3. Электронные файлы игровых 3D-карт для получения необходимых трёхмерных моделей объектов (с указанием авторов) [\[13-16\]](#).

Важно отметить, что для отображения фактического состояния трёхмерных объектов верификация по собственным источникам не проводилась. Для картографирования использовались уже готовые модели местности и объектов, находящиеся на Интернет-ресурсах, перечисленных выше. При этом сами авторские игровые карты в личных целях не использовались, только модели отдельных объектов.

Результаты

Отображение трёхмерных моделей точечных объектов, составляющих элементов линейных и площадных объектов и поверхностей осуществлялось с использованием приведенных выше формул (1) и (2). Рассмотрим последовательно данный процесс.

1. Размещение основной магистрали – железной дороги (рис. 3). Осуществляется с учётом количества и строения путей. Происходит настройка ширины всего сооружения, типа покрытия, высоты в определённых точках железнодорожного пути.

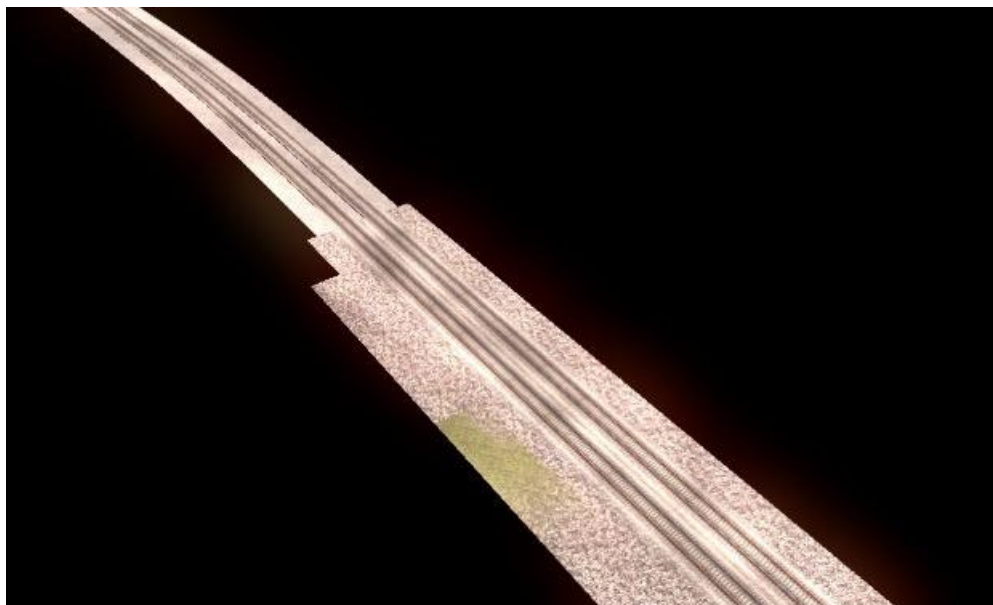


Рис. 3. Размещение железной дороги с земляным полотном

2. Размещение объектов в пределах ширины дороги (рис. 4).

В пределах ширины ж/д пути с земляным полотном размещаются необходимые объекты: тоннель, опоры и столбы, знаки, движущиеся объекты, здания и сооружения и т. д. Высота объектов указывается либо числовыми данными в свойствах объектов, либо настраивается вручную движением по оси Z (вертикально вверх). При необходимости объект можно развернуть по трём осям, а также изменить габариты по трём измерениям: длина – высота – ширина в определённых пропорциях, например, 1:1:1, 1:2:3 и т. п.

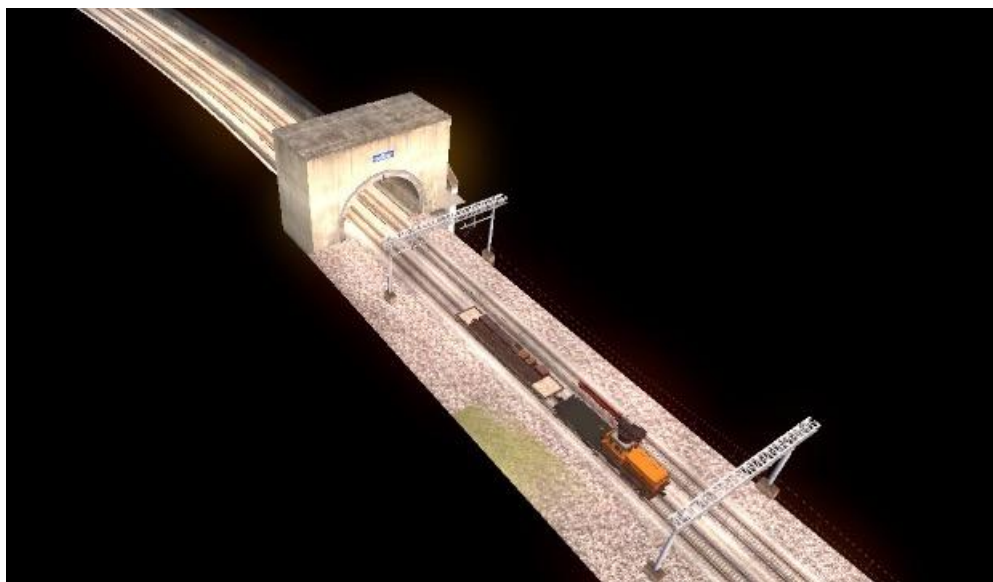


Рис. 4. Размещение объектов в пределах ширины ж/д пути и земляного полотна

3. Размещение второстепенных дорог (рис. 5) и водных объектов.

На данном этапе необходимо отобразить на карте другие пути сообщения, например, различные автомобильные дороги с частью земляного полотна с определённым типом растительности. Устанавливается высота определённых точек дорог аналогично п. 2.1. При наличии и необходимости на данном этапе также размещаются поверхности водных объектов. Настраивается тип поверхности, растительности на ней, высота в каждой точке объекта (если это река/ручей).



Рис. 5. Размещение второстепенных дорог

4. Размещение поверхностей местности (рис. 6).

Происходит создание местностей за пределами главной магистрали, между второстепенными дорогами, с различных сторон водных поверхностей (при наличии). Устанавливается тип покрытия создаваемых участков, формируется определенный рельеф по определённым точкам, либо с использованием готовых форм, предложенных редактором.



Рис. 6. Размещение поверхностей местности

5. Размещение различных объектов на местности (рис. 7).

Представляет заключительный этап работы, отдельные объекты (ЛЭП, трансформаторы, здания, заборы и т.п.) наносятся по координатам. Массовые объекты (лес, многочисленные кустарники) отображаются сразу группой в свойствах поверхностей (земляного полотна), и при этом учитываются типы групп объектов, различные расстояния, густота объектов, их размеры и т.п.



Рис. 7. Размещение объектов на местности

Таким образом, в результате проделанной работы была создана трёхмерная карта участка территории Архаринского района Амурской области с Тарманчуканским тоннелем. Общие размеры карты составляют в длину (с северо-запада на юго-восток) 2500-2700 м, в ширину (с юго-запада на северо-восток) 1300-1800 м. На рис. 8 представлено несколько фотографий тоннеля.



Рис. 8. Фотографии Тарманчуканского тоннеля: 1 – перед въездом в тоннель (юго-восток) [\[17\]](#), 2 – въезд в тоннель (юго-восток) [\[18\]](#), 3 – внутри тоннеля [\[19\]](#), 4 – выезд из тоннеля (северо-запад) [\[20\]](#)

Материалы взяты из Интернет-ресурсов, ссылки на которые даны в пояснительной надписи к рисунку. Фотографии являются важными данными для картографирования, поскольку предоставляют информацию о внешнем виде поверхностей и объектов, видимых на космических снимках, позволяют распознать их и наиболее точно воссоздать на трехмерной карте.

На рис. 9-14 представлены результаты картографирования поверхности местности и размещённых объектов в среде редактора Prism3D [21]. На рис. 9-11 показан с разных ракурсов юго-восточный въезд в тоннель, рис. 12-14 относятся к северо-западному выезду.



Рис. 9. Юго-восточный въезд в тоннель (1)



Рис. 10. Юго-восточный въезд в тоннель (2)

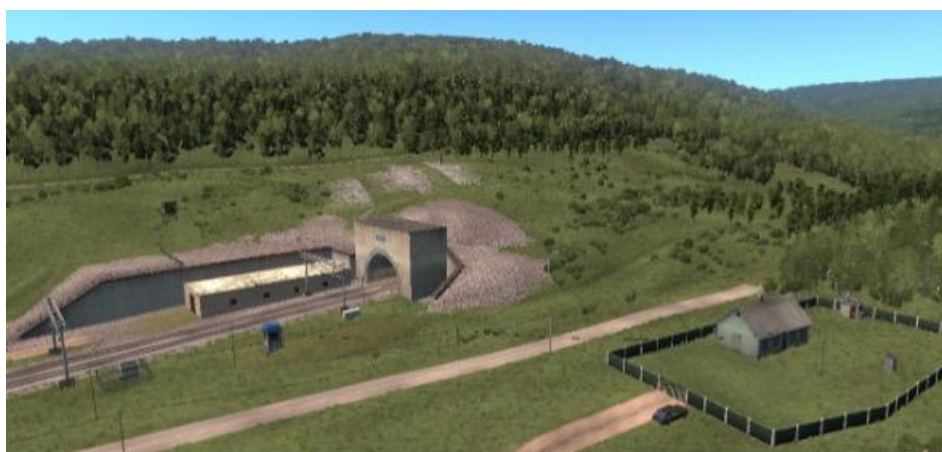


Рис. 11. Юго-восточный въезд в тоннель (3)



Рис. 12. Северо-западный въезд в тоннель (1)



Рис. 13. Северо-западный въезд в тоннель (2)

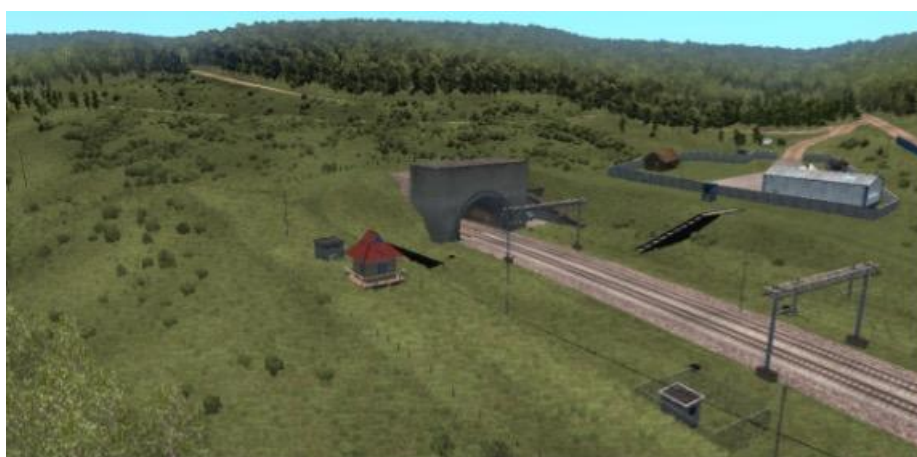


Рис. 14. Северо-западный въезд в тоннель (3)

Результаты исследований отражают особенности строительства и эксплуатации магистрали, демонстрируя сложность природно-географических и ландшафтных условий прокладки отдельных участков Транссиба. Технологически это будет представлено на сайте с встроенной Web-ГИС системой и 3D-интерфейсом (находится в разработке на сайте исторического факультета МГУ).

Заключение

В ходе исследований и практической апробации предложенной технологии была создана 3D-карта одного из участков Транссибирской магистрали (Тарманчуканского тоннеля).

Сравнительный анализ существующих технологий 3D-представления местности, применяемых в научных целях, показал наличие у них слабых сторон, таких как низкое качество визуализации, плоское отображение поверхности, скудная библиотека трёхмерных моделей объектов. С этой точки зрения существующие и активно развивающиеся в игровой индустрии продукты имеют, на наш взгляд, большой потенциал в геоинформатике, картографии и исторической информатике и должны быть внедрены в научно-практическую деятельность на основе их объединения с механизмами научного анализа специализированных ГИС для получения наиболее качественного на современном этапе программного обеспечения. Предложенная в работе технология трехмерного картографирования обладает рядом преимуществ перед другими способами 3D-представления, среди которых можно выделить:

- объёмное изображение поверхности с различным типом покрытия в зависимости от конкретных природных условий;
- абстрагирование от несущественных характеристик поверхности и объектов, акцент только на необходимых данных, что избавляет пользователя от лишней информации, пестроты изображения, позволяет сконцентрироваться на важных деталях;
- обобщение признаков и свойств, что позволяет по 3D-карте однозначно опознать тип или вид поверхности/объекта, т. е. произвести точную классификацию и разграничение ареалов распространения;
- картографирование «с нуля», подобно конструктору, в отличие от фотографирования и сканирования местности, позволяет уделить внимание каждому частному элементу, являющемуся частью общей картины, «пропустить через себя» все особенности исследуемой территории.

Возможности практического использования разработанной модели заключаются, на наш взгляд, в следующем:

- восприятие вертикальной информации (формы и размеров поверхностей и объектов);
- визуализация с возможностью проведения измерений внутри самой модели;
- облёт участков смоделированной территории с различных ракурсов; фиксация определённого вида (точки обзора);
- редактирование, корректировка объектов и поверхностей на карте при произошедших изменениях в любой момент времени (например, включение отдельных деталей, выявленных в результате исторического анализа, либо их исключение или уточнение);
- создание новых участков в заданном пространстве и последующая стыковка (добавление) этих участков в общую модель;
- дистанционная работа – осуществление процессов анализа, планирования, проектирования удалённо, без непосредственного выезда на местность.

По мнению авторов, интересным продолжением данной работы будет реконструкция старого Тарманчуканского тоннеля с построением трехмерных карт и 3D-модели тоннеля в том виде, в котором он находился с момента постройки (1916 г.) до его консервации. Сравнительный анализ трехмерных представлений с их размещением на сайте будет полезен для историков, краеведов, путешественников и др. категорий.

В результате представленной работы получена максимально реалистичная карта одного

из самых известных в мире тоннелей – Тарманчуканского. При этом географические особенности рельефа и ландшафт в полной мере отражены на самой 3D-карте, доступ и просмотр которой в ближайшее время будет возможен на сайте исторического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Библиография

1. Валетов Т.Я. Применение открытых картографических сервисов (Google, Яндекс, OSM) при создании исторических ГИС: разработка цифровой карты Транссибирской магистрали // Историческая информатика. – 2021. – № 3. – С. 19-37. DOI: 10.7256/2585-7797.2021.3.36547 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36547
2. Владимиров В.Н., Крупочкин Е.П. — Картографический Web-ресурс «Транссибирская магистраль»: источники и технология разработки // Историческая информатика. – 2021. – № 4. – С. 22-32. DOI: 10.7256/2585-7797.2021.4.36885 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=36885
3. Портал «Амурские сезоны»: Тарманчуканский тоннель. – Режим доступа [URL]: Geoamur.pф/sources/d_28_01/district01-x=15.php
4. Латкин В.А. Трёхмерное картографирование местности // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ). – Новосибирск, 2021. – Т. 26, № 2. – С. 133-144. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-2.
5. Латкин В.А. Трёхмерное отображение географического пространства // Вестник молодёжной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. – Барнаул, 2020. – № 2. – С. 138-143.
6. Ахмедов Б. Н. Построение цифровых трёхмерных моделей геопространства // Инженерная графика и трёхмерное моделирование. Молодёжная научно-практическая конференция: сб. научных докладов (16 декабря 2016 г., Новосибирск). – Новосибирск: Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ), 2017. – С.9-13.
7. Нгуен Ань Тай. Картографический метод преобразования двухмерной карты в трёхмерную с помощью ГИС-технологии // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий (СГУГиТ). – 2015. – Вып. 3 (31). – С.87-97.
8. КБ Панорама. Специализированные ГИС [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: https://gisinfo.ru/products/products_special.htm
9. Ruzinoor Che Mat, Abdul Rashid Mohammed Shariff, Abdul Nasir Zulkifli, Mohd Shafry Mohd Rahim and Mohd Hafiz Mahayudin (2014). Using game engine for 3D terrain visualization of GIS data: A review. 7th IGRSM International Remote Sensing & GIS Conference and Exhibition IOP Publishing. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 20 012037 doi:10.1088/1755-1315/20/1/012037
10. Laksono, D., Aditya, T. (2019). Utilizing A Game Engine for Interactive 3D Topographic Data Visualization. International Journal of Geo-Information 8(8):361. doi:10.3390/ijgi8080361
11. Берлянт, А.М. Картография: учебник для вузов / А.М. Берлянт. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
12. Тарманчуканский тоннель [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%8C
13. Карта России «RusMap версия 1.9.2 для Euro Truck Simulator 2 [Электронный

- ресурс]. – Режим доступа [URL]:
https://stmods.ru/euro_truck_simulator_2/mods/karta_rossii_rusmap_by_sergey061_for_ets2/
14. Карта «Российские просторы» [Russian Open Spaces] v7.5 (1.35). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа [URL]: <http://truck-sim.club/topic/36954-karta-rossiiskie-prostory-russian-open-spaces-v75-135>
15. Карта «Великая степь» [Great steppe] v1.36 (rel: 23.12.19). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа [URL]: <http://truck-sim.club/topic/37446-velikaia-step-great-steppe-v136-rel231219>
16. Карта SIBIRMAP [0.4.2.] для версии игры 1.35 (DX9). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа [URL]: https://vk.com/topic-151442124_40038597
17. Объекты для 3D-моделирования [Электронный ресурс] – Режим доступа URL]: <https://kalmatron.ru/objects/>
18. Мой Благовещенск [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: <https://www.blagoveshensk.ru/news/society/125011/>
19. Файл: Буклет Тарманчуканский тоннель 2.jpg [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: https://wiki.nashtransport.ru/wiki/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:%D0%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82_%D0%A2%D0%B0%D1%80%D0%BC%D0%B0%D0%BD%D1%87%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D1%8C_2.jpg
20. Амурские сезоны [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: http://xn--80afg3aiou.xn--p1ai/sources/d_28_01/district01-x=15.php
21. Технические характеристики Prizm3D [Электронный ресурс] – Режим доступа [URL]: https://wikidark.ru/wiki/Prizm3D#cite_note-4

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Технологические подходы и прикладные аспекты 3D-картографирования Транссибирской магистрали (на примере Тарманчуканского тоннеля) // Журнал: Историческая информатика

В истории нашей страны Транссибирская железнодорожная магистраль недаром получила историческое название – Великий сибирский путь. Представленная статья является частью междисциплинарного научного проекта «Роль Транссибирской магистрали в развитии инфраструктуры, экономики и социально-демографического потенциала восточных районов позднеимперской России». Проект осуществляется при поддержке Русского географического общества. История Транссибирской магистрали привлекает внимание многих специалистов и отражена в разнообразных трудах, в том числе используя карты различных наземных участков. В существующей литературе картографические источники используются довольно часто, но все они плоскостные в виде двухмерных изображений. Авторы справедливо объясняют, что современные приемы обработки данных произвели «настоящую революцию в картографии». Необходимо добавить, что использование открытых картографических сервисов теперь востребованы и гуманитариями. Одна из причин интереса к картам заключается в том, что для взрослой аудитории актуальна демонстрация карт во время презентаций. С другой стороны, у современной молодежи географические знания иногда далеки от

совершенства и требуют усвоения. К тому же статья освещает формирование нового научного направления – цифрового трёхмерного (3D) картографирования на примере строительства одного туннеля Транссибирской магистрали. В статье поставлено три задачи, в том числе – разработка инструкции для работы с полученным цифровым продуктом, что будет, на взгляд рецензента, привлекать читателей. В то же время авторы указывают на основные трудности при создании и использовании 3D-карт. Историографический обзор аккуратно демонстрирует преемственность исследований и уточнен богатым и разнообразным библиографическим списком. Большое значение для читателя гуманитария будут иметь толковые пояснения авторов. Стиль, структура, содержание статьи выдержаны в единстве, статья четко структурирована, причем каждая часть имеет названия. В выводах подчеркнута, что активно развиваются в игровой индустрии продукты с большим потенциалом в картографии и исторической информатике. Текст значительно оживляют и делают понятной проведенную работу по картированию в трех измерениях иллюстрации. Статья отличается великолепным стилем, который делает честь авторам. Научная новизна статьи не вызывает сомнения и будет содействовать развитию подобных исследований и их использования. Очень важен поучительный контекст статьи, который не вызывает негативного отношения особенно у молодежи, т.к. изложен просто, ненавязчиво и с удобочитаемой лексикой. Статья очень интересна, доступна и полезна как для молодежи, так и специалистов в других областях знания, особенно гуманитариев. Статью рекомендую к публикации.