

ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ — СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ*

А.В. Смелов (ГБУ «Мосгоргеотрест»)

В 1991 г. окончил геодезический факультет МИИГАиК по специальности «прикладная геодезия». С 1985 г. работал на Московском аэрогеодезическом предприятии, с 1996 г. — в Московском земельном комитете. С 2000 г. работает в ГБУ «Мосгоргеотрест», в настоящее время — начальник отдела.



Первую трехмерную модель ГБУ «Мосгоргеотрест» разработал в 2005–2006 гг., выполнив в два этапа экспериментальную работу в рамках реализации распоряжения Правительства Москвы от 06.04.2005 г. № 547-РП «О проведении эксперимента по созданию трехмерной цифровой модели территории города Москвы». Модель была создана на территорию Московского международного делового центра (ММДЦ) «Москва-Сити» на основе Единой государственной картографической основы города Москвы (ЕГКО Москвы) и материалов Общегородского банка данных дистанционного зондирования по территории города Москвы.

Впоследствии этот проект расширился за счет создания трехмерной модели основной трассы пешеходного туристического маршрута «Нескучный сад — ММДЦ «Москва-Сити». Его

основной целью являлось совершенствование архитектурно-строительного проектирования этой территории.

В соответствии с техническими требованиями были выполнены работы по созданию цифровой модели рельефа, фотосъемке и текстурированию фасадов зданий, а также подготовке образцов текстур для различных поверхностей: дорог, тротуаров, растительного покрова, объектов гидрографии. В состав строений, кроме типовых и нетиповых, входили строения с более детальной проработкой, представляющие собой наиболее выдающиеся исторические строения — архитектурные доминанты.

Однако, на тот период времени техническое и, главное, технологическое обеспечение пользователей не позволяли активно внедрять в эксплуатируемые информационные системы результаты трехмерного моделирования на значительные территории. Небольшие модели в основном использовались проектными организациями в качестве исходной трехмерной основы при проектировании городских объектов. Со временем интерес к этому

направлению постепенно повышался по мере увеличения производительности компьютерной техники, совершенствования программного обеспечения.

Немалую роль в этих процессах сыграли также развивающиеся технологии сбора исходных данных. Результаты таких изменений, начиная с 2009 г., ежегодно находили воплощение в мероприятиях государственных программ города Москвы в части создания и развития единого геоинформационного пространства, заказчиком которых выступала Москомархитектура.

На современном этапе спрос на трехмерные данные переживает настоящий бум. Доказательство этому можно увидеть на Интернет-ресурсах, набрав в поисковой строке запрос по данной тематике. И это не только модный тренд на ресурсы, отражающие в более перспективном виде результаты картографических работ. Это предоставление потребителям новых возможностей по использованию пространственной информации.

Не стала исключением и территория города Москвы, для которой вопросы функциональ-

* Статья подготовлена по материалам, опубликованным в книге «75 лет инженерных изысканий в Москве».



Территория квартала по Программе реновации района Северное Тушино с детальным моделированием ситуации

ности данных, их точности, реалистичности отображения объектов местности и, конечно, актуальности вышли на первый план. Их решение в итоге сводится к повышению эффективности трехмерного моделирования как на стадии производства, так и на стадии использования результатов. Примером этому служат территории кварталов по Программе реновации

или муниципальных районов, если говорить о более крупных образованиях.

Чем привлекает к себе трехмерность городской среды и в чем ее эффективность? Прежде всего, это иной взгляд на текущие и перспективные задачи по развитию единого геоинформационного пространства города Москвы, которые подтягивают за собой другие отраслевые

направления. Их достаточно много — строительство и реконструкция, транспортная инфраструктура, экология, благоустройство и озеленение, оперативное и перспективное планирование, осуществление контрольных функций, порядок, мероприятия по упреждению чрезвычайных ситуаций, реализация государственных услуг, вопросы управле-



Панорама Москвы

ния и экономического развития, туризм.

Совсем другие перспективы открываются при одновременном использовании пространственных данных подземного, наземного и надземного пространств. Комплексное представление подземных инженерных коммуникаций и сооружений, данных о геологическом строении, объектов дневной поверхности позволяет по-новому использовать трехмерные данные.

Такие работы активно ведутся ГБУ «Мосгоргеотрест» по территории города Москвы. Их целью является формирование нового облика городского пространства, обеспечение перехода от отдельных территориальных моделей к единой детализированной модели всего города. Геологическое моделирование, моделирование видимого пространства, подземных объектов — это уже наступившая реальность, указывающая на направление технологического развития не только пространственной информации, но и всего городского хозяйства на ближайшую перспективу.

Важными факторами в этих работах являются адаптация готовых решений, включая проектные, в единую геоинформационную среду, возможность реализации результатов информационного моделирования (BIM). Необходимо также отметить другие существенные аспекты этих работ, например, учет

при моделировании ранее созданных информационных ресурсов, так называемых наследственных данных. Это огромный объем информации, который требовалось переработать под новые технические требования.

В 2018 г. такая работа была проведена. Ее результатом стали оптимизированные трехмерные модели 46 037 строений. Физический объем модели был уменьшен без потери качества отображения почти в 2,25 раза. Сравнить одноименные модели можно на рисунке, приведенном ниже.

Не стоит забывать про временной фактор. Четвертое измерение в интенсивно развивающемся мегаполисе требует обязательного учета. Отсюда задача минимум для картографов и геодезистов:

- постоянный мониторинг изменений, обновление ситуации и характеристик городской среды;

- детальное моделирование объектов (это геопространственная информационная основа);

- ведение баз данных об объектах, их состоянии и функционале;

- развитие инфраструктуры информационного моделирования;

- вовлечение в эти процессы всех городских служб и исполнительных органов государственной власти;

- внедрение на постоянной основе обучающих мероприятий;

- создание условий для поддержания в актуальном состоянии нормативной правовой базы для обеспечения согласованного функционирования всего комплекса задач по данному направлению.

Есть еще одно интересное направление, которое вошло в профессиональную деятельность отдела картографирования и ведения ЕГКО Москвы — это развитие web-проектов. Их назначение — обеспечить оперативность в донесении актуальной информации до всех участников, начиная с тех, кто отвечает за создание и ведение трехмерной модели Москвы, эксплуатирует информационные системы, готовит различные отраслевые документы, использует пространственные данные в целях реализации возложенных на городские структуры функции и задачи, и заканчивая доведением общедоступной информации до прочих конечных потребителей.

Для достижения поставленных целей необходимо пересматривать формы представления самой модели. Скорость панорамирования трехмерных сцен, движение, своевременный отклик на любое целевое действие, быстрое отображение результатов запросов к базам данных и другие требования, связанные с разработкой тематических сценариев показа, — это необходимый функционал при интерактивной работе. Особенности ото-



Изображение трехмерной модели строения до оптимизации (слева) и после (справа)



Здание Москомархитектуры

бражения модели и ее отдельных частей на разных уровнях визуализации, включающих ближний, средний и дальний планы, также нуждаются в оптимизированных решениях. К основным техническим условиям этого направления, требующим неотложного решения, относятся:

- исключение искажений строений и их отдельных частей;

- повышение качества текстурирования моделей;

- геометрическая реалистичность при визуализации объектов с учетом выступающих архитектурных деталей;

- полное соответствие по колористическому решению объектов местности, включая сохранение оттенков цвета и отражающего эффекта при использовании сценариев, связанных со сменой времени суток, времени года и погодных условий;

- представление городской территории в едином проекте с учетом оптимизации объема каждой модели;

- возможность создания трехмерных моделей с различными вариантами рельефа и без него с целью обеспечения нескольких сценариев использования модели одной и той же территории;

— обеспечение разработки различных сценариев показа и реалистических анимаций.

Перечисленные условия в большей степени относятся к видимой трехмерной модели, то есть к ее наземной и надземной частям. Но именно она является основой для формирования многомерного геоинформационного пространства. На ее основе объединяются данные, относящиеся к подземному пространству, проектные решения, данные отраслевых информационных систем, прочие данные, загружаемые в режиме реального времени при соответствующей технической реализации. Такая особенность порождает приоритетный интерес именно к видимой части трехмерной модели.

Что она сейчас собой представляет? В рамках государственной программы города Москвы «Градостроительная политика», принятой постановлением Правительства Москвы от 28.03.2017 г. № 135-ПП, она именуется архитектурно-ландшафтной моделью и включает в себя следующие информационные ресурсы:

- тематические информационные картографические слои;



Вариант отображения Базовой трехмерной цифровой модели строений

- информационные слои ландшафтной поверхности (базовая модель рельефа);

- Базовую трехмерную цифровую модель строений;

- объекты трехмерного моделирования (статические, динамические, малые архитектурные формы);

- фотоплан на основе данных космической съемки;

- данные фотофиксации объектов местности (фото-банк);

- дополнительную информацию (условные обозначения, семантические данные);

- mesh-модель объектов.

Визуализация модели, контроль ее содержания, различные варианты демонстрации (интерактивная, по сценарию, с использованием видеороликов) осуществляется с помощью программного комплекса «Интерактивные картографические презентации», разработанного с непосредственным участием ГБУ «Мосгоргеотрест». Струк-

тура модели и архитектура программного комплекса позволяют обеспечивать необходимые в работе технические решения. Одними из наиболее востребованных можно назвать следующие:

- поиск информации по атрибутам, пространственный поиск или сочетание нескольких вариантов поиска, с возможностью подключения сторонних поисковых систем;

- поддержка стандарта 3D Tiles для обеспечения потоковой передачи наборов массивов данных (в виде растра, вектора и mesh) и рендеринга (отрисовки);

- поддержка формата KML для обеспечения геопространственной привязки;

- поддержка форматов glTF, KMZ, SKP для передачи трехмерных моделей с геопривязкой на различные устройства;

- поддержка стандарта CityGML для описания объектов моделирования с различными

уровнями детализации, что позволяет при визуализации последовательно менять детальность отображения объектов на экране (мониторе) при приближении и удалении;

- возможность использования тематических модулей (например, для тоннелей и мостов), а также виртуальных трехмерных моделей для анализа и отображения задач по различным направлениям (например, в пешеходной навигации, тематическом моделировании, анализе данных и др.);

- поддержка стандартов WFS, MVT для запросов и редактирования векторных пространственных данных посредством web-технологий;

- поддержка стандартов WMS, TMS для запросов и редактирования растровых пространственных данных;

- совместимость данных для использования в различных проектах за счет соответствия общепринятым стандартам



Здание МГУ им М.В. Ломоносова



Здание Мосгоргеотреста и окрестности

Open Geospatial Consortium (OGC), World Wide Web Consortium (W3C).

Еще один вопрос, которому необходимо уделить внимание — это исходные данные для моделирования территории города Москвы. От их подготовки и актуальности зависит весь жизненный цикл модели. В качестве исходных данных используются информационные ресурсы ЕГКО Москвы, создаваемые и актуализируемые собственными силами ГБУ «Мосгоргеотрест», а также создаваемые в процессе производственной деятельности:

- актуальные версии Цифрового картографического фона масштаба 1:10 000;

- актуальные версии Цифровых топографических планов масштаба 1:2000;

- цифровая модель детализированных крыш;

- трехмерная цифровая модель тоннелей и подмостовых пространств;

- информационные ресурсы Общегородского банка данных дистанционного зондирования территории города Москвы;

- материалы мобильного лазерного сканирования;

- материалы наземного лазерного сканирования.

На стадии работ 2018 г. использовались:

- трехмерная цифровая модель типовых фасадов зданий и сооружений;

- трехмерная цифровая модель городских доминант;

- трехмерная цифровая модель зданий с нетиповыми фасадами.

В данной статье приведены основные направления работ и идеология по формированию единого городского трехмерного пространства. В настоящее время усилия треста приоритетно направлены на моделирование территории Москвы в границах 2011 г. с использованием динамического текстурирования. Это достаточно большая территория (1073 км²), причем активно развивающаяся, перестраивающаяся, реконструирующаяся. Но, несмотря на это, начинаются работы и на территории Новой Москвы.

В проектах также предусмотрены интересные технические решения, над которыми в 2019 г. активно работает ГБУ «Мосгоргеотрест». Развитие параметрического моделирова-

ния объектов и окружающей среды — очень интересная задача, которую можно решить с помощью внедрения в процессы моделирования методов машинного обучения, освоения новых технологий сбора и подготовки исходных данных. Информация о городе должна представляться не только с точки зрения пешеходов или с высоты птичьего полета, но и дополняться материалами о поэтажном отображении строек, существующих планировках, что позволит подготовить пространство для глобального информационного моделирования.

В чем важность этих работ для Москвы? Если коротко, то это совершенно иное восприятие городской среды, иные условия реализации задач по жизнеобеспечению города, новый уровень ведомственного и межведомственного взаимодействия, новые экономические возможности. Это основа для перехода к цифровой экономике, другой взгляд на среду проживания, именуемую городом Москвой, в которой предстоит жить и работать сегодняшнему и будущим поколениям.