



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 72.03

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79

Трёхмерное моделирование городов: исторические реконструкции и альтернативная реальность

С.В. Расторгуев

Семен Васильевич Расторгуев

Ярославский государственный технический университет, Институт архитектуры и дизайна,
Ярославль, ул. Володарского, 103, 150040, Российская Федерация

rastorguevsv@ystu.ru



Рассматривается технология создания 3D-моделей городов, фотограмметрический и другие способы их построения. Приводятся проекты, созданные на основе технологии 3D-модели городов Ярославля, Москвы и Санкт-Петербурга. Также описывается суть и результаты исследований на базе построенных градостроительных трехмерных моделей. Представлены проекты исторического воссоздания городов в различные периоды времени – Ярославля начала XX века и Москвы XIX начала XX века. Приводится перечень памятников, утраченных в реальности, но воссозданных в виртуальной трехмерной среде и вписанных в 3D-модель города. Представлен проект, предполагающий моделирование нереализованных проектов архитекторов-авангардистов, а также проектов 1930-1970-х годов на базе 3D-модели Москвы. Сделаны выводы о росте популярности подобных цифровых моделей и проникновении технологий дополненной и виртуальной реальности в повседневную жизнь граждан России.

Ключевые слова: 3D-моделирование, 3D-город, история архитектуры, альтернативная история, фотограмметрия, авангард, виртуальная и дополненная реальность

Для цитирования:

Расторгуев С.В. Трехмерное моделирование городов: исторические реконструкции и альтернативная реальность // *Умные композиты в строительстве*. 2024. Т. 5, вып. 3. С. 65-79.
URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5358/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79



SCIENTIFIC ARTICLE

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79

Three-dimensional modeling of cities: historical reconstructions and alternative reality

S.V. Rastorguev

Semyon V. Rastorguev

Yaroslavl State Technical University, Institute of Architecture and Design, Yaroslavl, 103, Volodarskogo St.,
150040, Russia

rastorguevsv@ystu.ru



The paper considers the technology of creating 3D models of cities, photogrammetric and other ways of their construction. The author shows projects created on the basis of this technology - 3D models of Yaroslavl, Moscow and St. Petersburg. The paper also describes the essence and results of the research performed on the basis of the constructed three-dimensional urban planning models. The paper presents historical recreation projects of cities for different time periods: Yaroslavl at the beginning of the XX century and Moscow at the XIX-beginning of the XX century. The author presents a list of monuments lost in reality, but recreated in a virtual three-dimensional environment and inscribed in the 3D model of the city. The paper presents a project involving the modelling of unrealised projects of avant-garde architects, as well as projects of the 1930s-1970s on the basis of a Moscow 3D model. The author concludes about the growing popularity of such digital models and the penetration of augmented and virtual reality technologies into our daily life.

Keywords: 3D modeling, 3D city, architectural history, alternative history, photogrammetry, avant-garde, virtual and augmented reality

For citation:

Rastorguev S.V. Three-dimensional modeling of cities: historical reconstructions and alternative reality // *Smart Composite in Construction*. 2024. Vol. 5, Iss. 3. P. 65-79.
URL: <https://comincon.ru/ru/nauka/issue/5358/view>

DOI: 10.52957/2782-1919-2024-5-3-65-79



ВВЕДЕНИЕ

Технологии виртуальной и дополненной реальности постепенно входят в нашу жизнь. Средства отображения виртуальной среды становятся все более совершенными, а реалистичность – все выше [1]. 3D-художники и дизайнеры проектируют виртуальные объемные интерфейсы, создают визуально привлекательные модели предметов, продуктов и товаров, способствуя росту их продаж. Сложные механизмы и агрегаты в виртуальном пространстве легко разобрать и изучить. Включая разнообразные информационные слои и подсказки в виртуальных средах, проще найти ошибки в проектах конструкций или технологических процессов. При этом для пользователя важен контент – все, что находится в виртуальном мире с целью демонстрации привлекательных свойств, фиксации каких-либо особенностей. Контент характеризуется определенным уровнем сложности; если посмотреть с точки зрения архитектора на виртуальное пространство, им будут трехмерные здания, интерьер, фасады, а затем – уличное пространство. Поднявшись выше, мы выйдем на уровень 3D-модели города. Город является одной из наиболее сложных разновидностей контента, помещенного в виртуальное пространство.

Рассмотрим относительно новый способ документирования и исследования городов – трехмерное моделирование [2]. Выделяем три перспективных направления:

- моделирование городов в современном состоянии, которое является фиксацией, слепком и одновременно создает базу для исследований города;
- историческая 3D реконструкция городов в различные периоды времени;
- моделирование альтернативных путей развития городов – способ оценить несбывшиеся планы и устремления архитекторов и общества тех или иных исторических эпох.

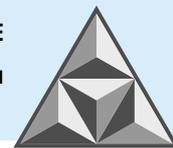
Описанные эксперименты проводились над цифровыми копиями городов Ярославля, Москвы и Санкт-Петербурга, созданными автором настоящей работы с привлечением усилий Лаборатории расширенной реальности Института архитектуры и дизайна Ярославского государственного технического университета.

Результаты в виде визуализаций и видеопрезентаций экспонировались на Ярославском градостроительном форуме в 2018 и 2022 годах [3]. Им была посвящена передача на телеканале День.тв [4]; материалы исследований презентовались на выставке «Зарядье. Архивы возможного» (Москва, парк Зарядье, 2023 г.) [5], а доклад о разработке был представлен на архитектурной секции форума с международным участием SmartBuild «Стройка Политеха – 2023», что свидетельствует об актуальности описываемого проекта.

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЕ 3D МОДЕЛИРОВАНИЕ

Процесс создания 3D-моделей городов значительно отличается от трехмерного моделирования отдельных объектов. Главным фактором при 3D моделировании города является оптимизация модели, поскольку она включает сотни и тысячи отдельных зданий. В связи с этим требовательность к ресурсам модели и работы по ее созданию, а затем – визуализации быстро достигает верхних планок доступных вычислительных мощностей.

Реалистичные 3D-модели городов стали появляться сравнительно недавно. Чаще всего они создаются фотограмметрическим способом – путем обработки спутниковых или аэроснимков города или территории с различных ракурсов, создания облака точек в трехмерном пространстве, а затем – обобщения полученных данных [6, 7]. Этот метод может быть дополнен прямым сканированием объектов, которое, однако, является затратным.



Для фотограмметрического моделирования на основе таких снимков требуются значительные вычислительные и временные ресурсы. Однако в данном случае практически отсутствуют перспективные искажения объектов, что положительно сказывается на качестве моделирования.

Существует также способ объектной разработки 3D-модели города, когда на городском плане создаются отдельные здания и используются фотографии их фасадов и сверху, что доступно для большинства городов. Этот способ оказывается менее затратным: не возникает потребностей в обработке массивов данных. Кроме того, нет необходимости сталкиваться со сложностями аэросъемки.

Возможны и различные гибриды указанных выше способов.

Так, в частности, с использованием известных приемов была создана 3D-модель современного Ярославля (рис. 1), а гибридным способом получены 3D-модели современной Москвы и Санкт-Петербурга [8]. Выбор конкретного способа диктуется требованиями к детальности, точности и размеру модели, а также необходимыми ресурсами на разработку.



Рис. 1. Визуализация 3D-модели современного Ярославля. Демидовский сад

Fig. 1. Visualization of 3D model of modern Yaroslavl. Demidovsky Garden

Модели городов можно использовать довольно широко: создавать визуализации и видеоролики; оценить, как новый архитектурный проект впишется в городскую среду; создавать навигаторы и видеоигры. Ниже представлена творческая разработка и описание уникальных способов применения градостроительного трехмерного моделирования с целью исторического воссоздания городов и реконструкции альтернативных вариантов их развития.

ИСТОРИЧЕСКАЯ 3D РЕКОНСТРУКЦИЯ ГОРОДОВ

Исторические воссоздания в 3D-модели реализованы, в частности, для Ярославля и Москвы [9]. Разработана специальная ретроспективная аналитическая методика, благодаря которой при использовании модели современного Ярославля и огромного количества архивных материалов удалось достаточно точно воссоздать город начала XX века.

Материалы работы обобщены в онлайн-сборнике «25 исчезнувших достопримечательностей Ярославля» (рис. 2) [10].

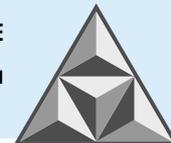


Рис. 2. Визуализация 3D-модели Ярославля нач. XX в. Набережная Волги, церковь Петра и Павла и церковь Николая Чудотворца

Fig. 2. Visualization of a 3D model of early 20th century Yaroslavl. Volga embankment, Peter and Paul Church and Nicholas the Wonderworker Church

Особое внимание уделено значимым объектам в городе, которые не сохранились или в настоящее время сохранились частично. Модели этих зданий проработаны максимально подробно. В их число входят: церковь Петра и Павла и церковь Николая Чудотворца (1691-1937 гг.) (рис. 2), церковь Троицы Живоначальной Пятницкого прихода (1730-1937 гг.), Крестовоздвиженская церковь (1675-1930 гг., частично разрушена), комплекс Благовещенских храмов (1688-1929 гг., разрушена колокольня), церковь Сошествия Святого Духа (1688-1938 гг.), церковь Введения Пресвятой Богородицы во Храм (1738-1933 гг.), ресторан Бутлера (1902-1930 гг.), церковь Варвары и Екатерины Великомученицы (1668-1931 гг.), церковь Жен Мироносиц Всехсвятского прихода (1683-1937 гг.), церковь Рождества Иоанна Предтечи (1670-1932 гг.), Мытный рынок (1820-1981 гг.), Святые ворота с колокольней Казанского монастыря (1821-1923 гг.), гостиница Кокуева (1864-1980 гг.), Гостиный двор, южный корпус (1813-1920 гг.), церковь Рождества Богородицы (1720-1930 гг.), Спасо-Преображенский монастырь (1516-1923 гг., частично перестроен), Американский мост (1873-1960 гг.), церковь Иоанна Богослова (1679-1934 гг.), Успенский кафедральный собор (1670-1937 гг.), Демидовский юридический лицей (1826-1929 гг.), церковь Иоанна Златоуста в Рубленном городе (1690-1931 гг.).

Что касается Москвы, она была воссоздана в моделях на начало XX и XIX в. [11]. Более целостно город был восстановлен на начало XIX в., (рис. 3), а работы по 3D-реконструкции Москвы (до революции 1917 г.) еще продолжаются.

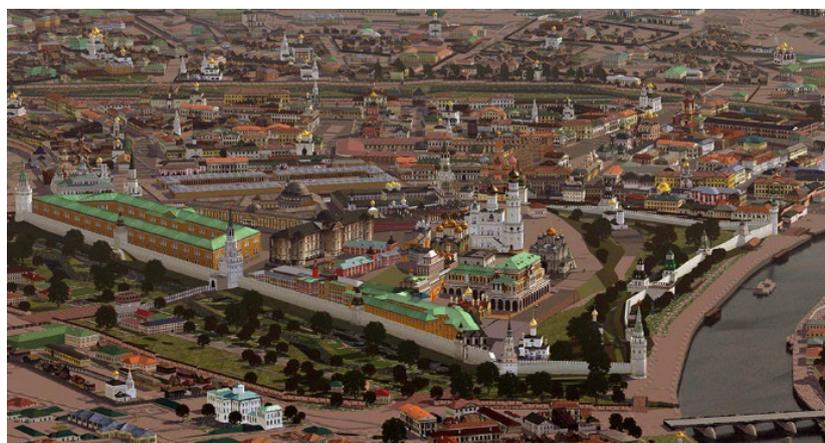
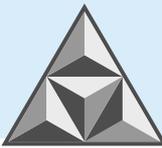


Рис. 3. Визуализация 3D-модели Москвы нач. XIX в. Река Неглинная, Кремль, Китай-город, Зарядье

Fig. 3. Visualization of 3D model of Moscow at the beginning of the XIX c. Neglinnaya River, Kremlin, Kitay-gorod, Zaryadye



Остановимся подробнее на реконструкции города на период до Отечественной войны 1812 г. В основу работы положены различные исторические источники; особенно полезным оказалось издание 1809 г. «Собрание фасадов Его Императорским Величеством высочайше апробированных», которое позволило заполнить информационные пустоты и творчески воссоздать здания, обозначенные лишь на плане. Как выяснилось после завершения основной работы над моделью, именно это издание использовалось для создания декораций городских пространств фильма Сергея Бондарчука «Война и Мир» в 1967 г.

В отношении значимых объектов Москвы того времени недостатка архивных данных не наблюдалось. Это позволило проработать известные объекты и их окружение более подробно. В числе таких объектов оказался белокаменный Кремль, включающий в себя Зимний дворец Растрелли и реконструированный в 1798 г. по проекту Н.А. Львова, Собор Спаса Преображения на Бору (1330-1918 гг.), Старую Оружейную палату (1806 г.), Чудов монастырь (1365 г.), Вознесенский монастырь (1386 г.), Церковь Константина и Елены (1692-1928 гг.) и др. Объекты за пределами Кремля: Земский приказ (1699 г.), Торговые ряды Кваренги (1780 г.), Алевизов ров (1508 г.), Китайгородская стена (с 1535 г.), Свайный Москворецкий мост (1789 г.), Гостиный двор в процессе строительства (1790-1830 гг.), Воспитательный дом (1764 г.), Петровский театр (Театр Медокса) (1780-1805 гг.), Сухарева башня (1695-1934 гг.).

При воссоздании города на период 100 лет назад получение исходных материалов было упрощено, так как в то время уже была распространена фотография. Существуют и онлайн-агрегаторы исторических фотографий, где снимки ассоциированы не только с датой создания, но и имеют привязку к карте, а на карте указано направление, в котором сделан снимок [12].

Таким образом, создан новый инструмент исследования, визуализации и популяризации истории.

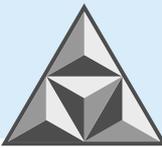
Если начало пошло от исторических книг, научных трудов, архивных чертежей, планов и фасадов, то в начале XX в. к исследованию и реконструкции исторических мест и событий активно подключился кинематограф. Поэтому в XXI столетии становится возможным реконструировать отдельные исторические здания, утраченные или видоизмененные в 3D-моделях. Однако примеры воссоздания городов с помощью подобного моделирования до последнего времени исчислялись лишь в единицах.

Это объясняется некоторыми сложностями при создании таких моделей – как технического, так и организационного и даже творческого характера, к числу которых следует отнести:

1. Требовательность к компьютерным мощностям создания и сбора в единую сцену модели города, содержащего тысячи зданий, каждое из которых – довольно сложная трехмерная модель.

2. Трудоемкость моделирования неповторяющихся зданий по архивным материалам, не поддающегося процессу автоматизации.

3. Сложности в работе по реконструкции города на определенный момент времени (например, 200 лет назад). Чаще всего удается найти достаточно подробный план города, но информация о фасадах и внешнем виде зданий более скупа. Фасады доступны лишь для 10-15% зданий, отмеченных в плане. Обычно это ракурсные изображения – картины того времени либо фотографии более позднего периода, на которых утраченные ныне объекты еще сохранились, само здание изображено под определенным углом к наблюдателю и загорожено другими. В связи с этим требуется сначала творчески восстановить плоские изображения фасадов здания, а затем – собрать в правильную конфигурацию согласно плану.



4. Отсутствие информации о внешнем виде части зданий; при этом оставлять пустоты на их месте невозможно, поскольку они отмечены в плане города. На практике была разработана и применялась методика с условным названием «реконструкция фона».

Оптимизация модели или «зависимость от наблюдателя» – метод, применяемый при создании визуализаций на основе 3D-реконструкции, основанный на том, чтобы моделировать только то, что видно с определенной точки или траектории. Данный метод позволяет не только экономить машинное время на просчет кадров ролика, но и сделать визуализацию определенных ракурсов технически возможной при имеющихся мощностях. В целом 3D-модель города, ориентированная на визуализацию, связана с созданием видеоролика полета над городом, когда камера направлена в определенном направлении или работает панорамно (обзор 360°). Детализация проработки частей модели тем выше, чем ближе они к траектории движения камеры. Как уже отмечалось выше, принцип «зависимости от наблюдателя» позволяет не только сэкономить ресурсы на построение модели, но и запараллелить процессы моделирования города и рендера (визуализации кадров ролика). Соответственно, разработка может осуществляться вдвое быстрее.

Если сопоставить уровни детализации компонентов модели с расстоянием от камеры, при масштабе 1:1 можно выделить следующие градации:

- расстояние более 1 км: создание объемов зданий методом «выращивания из плана», когда к контурам в плане добавляется третья координата высоты и образуются кубы или параллелепипеды зданий; условное текстурирование полученных объемов;
- расстояние от 500 м: объемам зданий придаются индивидуальные текстуры, создаваемые на основе доступных исторических данных с необходимой доработкой;
- расстояние 100-500 м: к текстурированным объемам зданий добавляются детали – печные трубы, колоннады, балконы, карнизы и др.;
- расстояние менее 100 м: включается городской антураж – фонари, люди, повозки, вывески, тумбы с афишами и т.д.

Саму методику трехмерного воссоздания городов на определенный исторический период можно назвать «Антиархеологией». Археология является исторической дисциплиной, изучающей прошлое человечества по вещественным источникам [13], а данная методика, напротив, основана на генерации 3D-моделей, где базой служат цифровые исходные данные. Если археологические реконструкции часто содержат пустоты между достоверно воссозданными фрагментами здания или города, предлагаемая методика во многом ориентирована на заполнение таких пустот. Если археологию считают наукой, схожей по методологической природе с криминалистикой, то «антиархеология» ориентирована на социальный аспект и популяризацию истории архитектуры способами, схожими с созданием декораций в кинематографе. Здесь важной задачей является передача «духа места» (Genius loci) [14], и достижение цели помогает охватывать большие территории для создания исторических реконструкций.

Создание таких 3D-моделей реконструированных городов, в первую очередь, представляет интерес для исследователей, занимающихся средовой архитектурой. Не секрет, что при средовом проектировании архитектору часто приходится довольствоваться разрозненными архивными данными о зданиях, которые находились на участке проектирования или рядом с ним. Время на создание проекта ограничено, архитектору не удастся хотя бы мысленно или в набросках и эскизах воссоздать ту среду, генетику которой должно нести будущее здание. Оперирование обрывочными архивными сведениями приводит к тому, что представление об исторической среде искажается. Это оказывает влияние на облик проектируемого здания,



в частности, снижает его визуально-эстетические характеристики. Нередко возникают так называемые «клиповые» фасады, несущие поверхностное представление о городе или улице определенного исторического периода, облик которой архитектор пытался отразить в новом объекте. В этой связи трехмерная реконструкция города, пусть не всегда передающая в мелких деталях городскую территорию, способна транслировать облик и оказать архитектору помощь в средовом проектировании.

ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

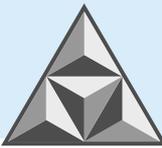
При 3D-моделировании городов возможны не только исторические реконструкции. Технические ограничения в этой деятельности малы, а творческие границы в виртуальном пространстве выражены еще меньше. Так, появляются возможности реализовать не построенные на практике здания. Особенно это касается эпохи Русского авангарда 1920-1930-х гг. [15], когда различных идей, концепций и архитектурных проектов было великое множество, но в связи с тяжелой экономической ситуацией в Советской России реализовывалось мизерное их количество. Однако, даже оставшись на бумаге, многие проекты авангардистов стали широко известны. Например, можно представить ситуацию, когда золотой метеорит из романа Жюль Верна «В погоне за метеором» падает где-то на территории РСФСР, а у советского правительства появляются средства на реализацию этих авангардных проектов. Благодаря виртуальной реальности мы попадаем в альтернативную ветку реальности настоящей. Отметим, что понятие альтернативной реальности не лишено научного смысла.

Поскольку большинство авангардных архитектурных проектов планировалось в Москве и столицу в 30-х годах XX века предполагалось почти полностью перестроить, из значимых городских объектов оставив фактически только Кремль, 3D-модель Москвы является весьма удобной площадкой для визуализации большинства этих идей. Так был создан виртуальный проект «Москва, которой не было» (рис. 4) [16].



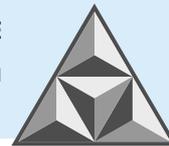
Рис. 4. Визуализация 3D-модели Москвы с нереализованными проектами авангардистов. Народный Комиссариат Тяжелой Промышленности СССР на Красной площади (1934 г.). Архитектор Иван Леонидов

Fig. 4. Visualization of 3D model of Moscow with not implemented projects of avant-garde artists. People's Commissariat of Heavy Industry of the USSR on Red Square. 1934. Architect Ivan Leonidov



В данном цифровом проекте воссозданы на реальных участках проектирования (в тех случаях, когда их удалось определить) нереализованные архитектурные проекты 1920-1970-х годов, в том числе: Коммунальный дом и Храм общения народа, (1919 г., арх. Николай Ладовский), Ленинская трибуна (1920 г., арх. Эль Лисицкий), Архитектоны Альфа и Гота (1920-е гг., арх. Казимир Малевич), Дворец Труда (1923 г., арх. братья Веснины), Небоскреб ВСНХ (1923 г., арх. Владимир Кринский), Ленинградская Правда (1924 г., арх. братья Веснины), АО Аркос (1924 г., арх. Владимир Кринский), Горизонтальный небоскреб (1925, арх. Эль Лисицкий), Центральный телеграф (1925 г., арх. братья Веснины), Типография газеты Известия (1926 г., архитектор Иван Леонидов), Международный Красный стадион (1926 г., арх. Михаил Коржев), Центральный оптово-розничный рынок (1926 г., арх. М. Барщ и М. Синявский), Электробанк (1926 г., арх. Илья Голосов), Типография «Новый мир» (1926 г., арх. А.В. Куровский), Институт Библиоковедения им. Ленина (1927 г., арх. Иван Леонидов), Башня в городе будущего (1927 г., арх. Лев Руднев), Дом съездов (1928 г., арх. Рашель Смоленская), Летающий город (1928 г., арх. Георгий Крутиков), Центральная библиотека им. Ленина (1929 г., арх. Братья Веснины), Памятник Христофору Колумбу (1929 г., арх. Николай Ладовский), Эллинг для дирижаблей (1931 г., архитекторы Розенфельды), Дворец Народов СССР (1932 г., арх. Константин Мельников), Архитектурная выдумка-иллюзия №17 и Композиции №18 и №24 (1933 г., арх. Яков Чернихов), Дворец техники (1933 г., арх. А. Самойлов и Б. Ефимович), Дворец Советов (1934 г., арх. Б. Иофан, В. Гельфрейх и В. Щуко), Здания Народного Комиссариата Тяжелой Промышленности СССР на Красной пл. (1934 г., арх. И.И. Леонидов, А.В. Щусев и Д.Ф. Фридман) (рис. 4), Центральный дом Аэрофлота (1934 г., арх. Дмитрий Чечулин), Наркомат обороны (1934 г., арх. Лев Руднев), Академия наук СССР (1934 г., арх. Алексей Щусев), Дом Радио на Миусской площади (1934 г., арх. А. Н. Душкин, А.Г. Мордвинов), Театр Мейерхольда (1934 г., арх. А.В. Щусев), Проспект Дворца Советов и Проспект Конституции (1935 г., Институт Генплана Москвы), Дом МежРабПомФильм (1935 г., Институт Генплана Москвы), Здание ТАСС на Тверском бульваре (1936 г., арх. Илья Голосов), Большой Академический Кинотеатр на площади Свердлова (1936 г., арх. А.В. Великанов, И.В. Ткаченко и Ю.В. Щуко), ВИЭМ им. А.М. Горького (1936 г., арх. Н.Е. Лансере, В.И. Гридин и Э.Б. Кольби), Полиграфический комбинат «Известия» (1940 г., арх. Б.М. Иофан, А.Ф. Хряков), Монумент героическим защитникам Москвы (1942 г., арх. Леонид Павлов), Административное здание в Зарядье (1948 г., арх. Д.Н. Чечулин), Проект перепланировки центра Москвы (частично, 1966-1967 гг., арх. Л. Павлов), Издательский комплекс «Известия» на Пушкинской (1967 г., арх. Л. Павлов), Центральный музей им. Ленина (1970 г., арх. Л. Павлов), Здание Министерства внешней торговли (1970-е гг., арх. Михаил Посохин).

Есть определенная особенность: многие известные, но нереализованные проекты архитекторов начала XX века делались на конкурсной основе. Так, в 1920-1930-х гг. проводились всесоюзные и международные конкурсы на проекты: Дворец труда в Москве (1922-1923 гг.), Московское представительство газеты «Ленинградская Правда» (1924 г.), Центральный телеграф (1925 г.), Библиотека им. В. И. Ленина, здания АО «Аркос», Дома Текстилей (1920-е гг.), здания Дворца Советов (1931-1933 гг.) и НаркомТяжПром на Красной площади и в Зарядье (1934-1936 гг.). Следовательно, на одном и том же участке проектирования возникало множество вариантов определенного здания. Показ их в среде города практически невозможен – ни в реальных физических макетах, ни в оригинальной авторской графике, так как графическая традиция архитектурных подач в 20-е годы XX в. была довольно аскетичной. В 1930-е годы часть новых проектов стали графически изображать в среде, но с одного ракурса.



В 3D-модели города есть возможность создать все объекты, скрыв их в структуре сцены и последовательно открывая в видеовизуализации. Таким образом, можно осмотреть с разных позиций объекты, планировавшиеся к реализации на одной территории.

Трехмерная модель для проекта «Москва, которой не было» является своеобразным визуальным архитектурным путеводителем по Русскому авангарду. При этом становится удобно оценить эстетические составляющие нереализованных объектов и ответить для себя на вопрос: «Хорошо или плохо, что данные здания не были построены?»

Создается возможность увидеть первоисточник движения архитектурного авангарда 1920-1930-х годов, возникшего у нас в стране, но не успевшего достаточно развиться, поскольку в середине 30-х годов резко сменилась государственная политика, в том числе – на культурном уровне. В результате авангард был заменен на сталинский ампи́р. Идеи возродились только в 1960-х годах, тогда как в западном мире этот 30-летний период был посвящен активной архитектурной практике, основывающейся, в частности, на авангардистских идеях того же ВХУТЕМАСа времен СССР. В итоге с 1960-х годов советские архитекторы заимствовали уже переработанный западный авангард – международный модернизм, который на тот момент был технологичнее и современнее, но яркость первоначальных идей в нем уже значительно угасла [17].

Многие из проектов 1920-х годов так или иначе нашли воплощение и были процитированы позднее в современных зданиях и сооружениях; здесь же становится понятно, насколько корректным было такое цитирование. В этой связи полученную 3D-модель можно рассматривать как своеобразный цифровой музей, слепок идей эпохи, отображающий оригинальные архитектурные идеи того времени.

Также в 3D-модели была реконструирована центральная часть генплана Москвы (1935 г., рис. 5) и запечатлена эпоха, пришедшая на смену архитектуре авангарда.



Рис. 5. Визуализация 3D-модели Москвы с генеральным планом 1935 г.

Проспект Дворца Советов. Архитекторы: Институт Генплана Москвы

Fig. 5. Visualization of a 3D model of Moscow with the 1935 general plan of the Palace of Soviets Avenue. Architects: Institute of General Plan of Moscow

Генплан предполагал почти полную перестройку центра Москвы [18]. Проект Генплана был проработан очень подробно, от центральных осей – проспектов, площадей и улиц – до отдельных зданий, исчисляемых в сотнях. Центром композиции, к которому сходились оси,



был Дворец Советов – здание высотой 415 м, которое должно было в то время стать самым высоким в мире; его венчала 100-метровая статуя Ленина. Однако при 3D-воссоздании Генплана выяснилась интересная особенность, а возможно, и недостаток проекта: эта статуя, лицом к Кремлю, оказывалась расположенной спиной к Проспекту Дворца Советов – главному планировавшемуся проспекту столицы, а также – всей западной части Москвы. В доступных материалах Генплана при этом нет ни одного ракурсного изображения, где бы Дворец Советов был четко прорисован с этой стороны.

Работа над проектом к настоящему времени не завершена, так как обнаруживаются новые исторические данные о нереализованных проектах начала и середины XX столетия, что требует внесения соответствующих уточнений и дополнений. Если же задаться вопросом о технологическом его развитии, реалистичным выглядит использование полученных градостроительных 3D-моделей для создания навигатора по местности в исторической среде или альтернативной ветке истории. Пользователь, перемещаясь по реальному городу, наблюдает в уменьшенном градостроительном масштабе как минимум историческую/альтернативную версию на определенный год, а как максимум – может от первого лица сравнить современное состояние улиц с историческим, используя очки виртуальной или дополненной реальности. Соответственно, для создания минимальной версии с описываемыми характеристиками требуется оптимизация модели, чтобы она отвечала требованиям современных гаджетов. Создание реалистичного погружения в городскую среду на определенном временном этапе предполагает детализацию пространств 3D-модели на уровне человека, а также создание упрощенных вариантов-слоев для визуализации на средних и дальних планах, требующихся для оптимизации производительности на устройствах-гаджетах.

ВЫВОДЫ

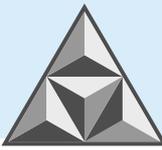
Трехмерные модели городов и исторические реконструкции, учитывающие альтернативный ход развития истории, обладают большим потенциалом для деятельности архитекторов, поскольку история родного города интересует как широкие слои населения, так и практически каждого жителя.

Использование технологий дополненной и виртуальной реальности должно способствовать популяризации подобных проектов в будущем, сделать их доступными и наглядными для заинтересованных пользователей.

С технической и технологической точек зрения, развитие систем с искусственным интеллектом будет способствовать точному фотограмметрическому построению 3D-моделей в архитектуре и автоматизирует процессы их получения, не исключая творческую составляющую архитектурной и дизайнерской деятельности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. **Куртова К.Г., Казакова Н.Ю.** К вопросу о развитии VR и AR технологий в дизайне // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: Мат. XXIII межд. науч.-практ. конф., North Charleston, USA, 22-23 июня 2020 года. North Charleston, USA: LuluPress, Inc., 2020. С. 7-15.
2. **Веденеева О.В.** Обзор исследований: цифровое 3D-моделирование города на основе фотограмметрии // Перспективы развития строительного комплекса: Мат. XIV Межд. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 22-23 октября 2020 года. Т. 14. Астрахань: Астрахан. гос. арх.-строит. ун-т, 2020. С. 35-38.
3. Ярградфорум и 3D Ярославль // *Новости Vimania*: [сайт]. URL: <https://vimania.ru/w/blog/2022/08/25/>



4. Виртуальные миры Москвы прошлого и будущего // Телеканал «День», Дзен.ру: [сайт]. URL: <https://dzen.ru/video/watch/631c4a24d62cce7af9addc5e>
5. В Белокаменном подклете Старого Английского двора откроется выставка «Зарядье. Архивы возможного» // Сайт мэра Москвы: [сайт]. URL: <https://www.mos.ru/news/item/129328073/>
6. **Смолин А.А., Малышев К.В., Шевченко Д.В.** Использование методов фотограмметрии для создания фотореалистичной модели [электронный текст] // *Культура и технологии*. 2019. Т. 4. Вып. 1. С. 6-15. URL: <http://cat.itmo.ru/ru/2019/v4-i1/217>
7. **Колесникова, Ю.О.** Создание векторных моделей объектов по результатам фотограмметрии и лазерного сканирования // *Молодой ученый*. 2021. № 51 (393). С. 38-40. URL: <https://moluch.ru/archive/393/87152/>
8. 3D-модели городов // *Cih.ru блог*: [сайт]. URL: <https://cih.ru/wp/bld/2023/06/10/3d>
9. 3D-города — историческая реконструкция // *Cih.ru блог*: [сайт]. URL: <https://cih.ru/wp/bld/2023/07/17/3d>
10. Ярославль до революции – 3D-модель города // *Журнал ЦИХ*: [сайт]. URL: <https://cih.ru/j3/726.html>
11. 3D-модель Москвы 1812-1912 гг. // Портал «Архитектура и энтропия»: [сайт]. URL: <https://cih.ru/lb/index.html>
12. PastVu - ретроспектива среды обитания человечества: [сайт]. URL: <https://pastvu.com>
13. **Молев Е.А.** Археология: учебно-метод. пособие / Е.А. Молев. Ниж. Новгород: изд-во ННГУ, 2019. 42 с.
14. **Антонова Н.Е.** «Дух места» как предмет охраны // *Academia. Архитектура и строительство*. 2015. № 1. С. 30-38.
15. **Хан-Магомедов С.О.** Архитектура советского авангарда: В 2 кн.: Кн. 1: Проблемы формообразования. Мастера и течения. М.: Стройиздат, 1996. С. 5-20.
16. Москва, которой не было, 1920 – 1970 // Портал «Архитектура и энтропия»: [сайт]. URL: <https://cih.ru/lb/m2.html>
17. **Якушенко О.** Советская архитектура и запад: открытие и ассимиляция западного опыта в советской архитектуре конца 1950-х - 1960-х годов // *Laboratorium: журнал социальных исследований*. 2016. № 2. С. 76-102.
18. **Харин, М.С.** Реконструкция Москвы в 1930-е гг.: специальность 07.00.02 «Отечественная история»: автореф. дисс... канд. ист. наук / Харин Максим Сергеевич. Москва, 2008. 28 с.

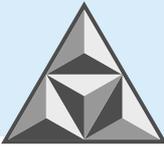
Поступила в редакцию 15.02.2024

Одобрена после рецензирования 26.08.2024

Принята к опубликованию 13.09.2024

REFERENCES

1. **Kurtova, K.G. and Kazakova, N.Yu.** (2020), "On the development of VR and AR technologies in design", Actual directions of fundamental and applied research: Proceedings of the XXIII International Scientific and Practical Conference, North Charleston, USA, 22-23 June 2020. North Charleston, USA: LuluPress, Inc., pp. 7-15.
2. **Vedeneeva, O.V.** (2020), "Research review: digital 3D-modelling of the city based on photogrammetry", Prospects of development of the construction complex: Proceedings of the XIV Interdisciplinary Scientific and Practical Conference of the teaching staff, young scientists and students, Astrakhan, Russia, pp. 35-38 (in Russian).
3. Yargradforum and 3D Yaroslavl // *Vimania News*: Available at: <https://vimania.ru/w/blog/2022/08/25/> (accessed 22.09.2023).
4. Virtual worlds of Moscow of the past and the future // *Den TV channel, Dzen.ru*. Available at: <https://dzen.ru/video/watch/631c4a24d62cce7af9addc5e> (accessed 22.09.2023).
5. The exhibition "Zaryadye. Archives of the possible". *Moscow Mayor's website*. Available at: <https://www.mos.ru/news/item/129328073/> (accessed 22.09.2023).
6. **Smolin, A.A., Malyshev, K.V. and Shevchenko, D.V.** (2019), "Using photogrammetry methods to create a photorealistic model", *Kul'tura i tekhnologii [Culture and Technology]*, no. 4 (1), pp. 6-15. Available at: <http://cat.itmo.ru/ru/2019/v4-i1/217> (accessed 22.09.2023) (in Russian).



7. **Kolesnikova, Yu.O.** (2021), "Creation of vector models of objects based on the results of photogrammetry and laser scanning", *Molodoy uchenyj [Young Scientist]*, no. 51 (393), pp. 38-40. Available at: <https://moluch.ru/archive/393/87152/> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
8. 3D city models // *Cih.ru blog*: Available at: <https://cih.ru/wp/bld/2023/06/10/3d> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
9. 3D cities - historical reconstruction // *Cih.ru blog*: Available at: <https://cih.ru/wp/bld/2023/07/17/3d> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
10. Yaroslavl before the revolution - 3D model of the city // *Zhurnal CIH*: Available at: <https://cih.ru/j3/726.html> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
11. 3D-model of Moscow 1812-1912 // *Portal 'Architecture and entropy'*. Available at: <https://cih.ru/lb/index.html> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
12. PastVu - A retrospective of humanity's habitat. Available at: <https://pastvu.com/> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
13. **Molev, E.A.** (2019), *Archaeology: educational and methodical textbook*. NNGU Publishing House, Nizhny Novgorod, Russian Federation (In Russian).
14. **Antonova, N.E.** (2015), "Spirit of Place' as a Subject of Heritage Protection", *Academia. Arhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction]*, no. 1, pp. 30-38 (in Russian).
15. **Khan-Magomedov, S.O.** (1996), *Architecture of the Soviet Avant-Garde: In 2 books: Book 1: Problems of Formation. Masters and Currents*. Stroyizdat, Moscow, Russian Federation.
16. Moscow, which was not, 1920 - 1970 // *Portal 'Architecture and entropy'*. Available at: <https://cih.ru/lb/m2.html> (accessed 22.09.2023) (in Russian).
17. **Yakushenko, O.** (2016), "Soviet Architecture and the West: The Discovery and Assimilation of Western Narratives and Practices in Soviet Architecture in the late 1950s-1960s", *Laboratorium: zhurnal social'nyh issledovaniy [Labouratorium: a journal of social research]*, no. 2, pp. 76-102 (in Russian).
18. **Kharin, M.S.** (2008), *Reconstruction of Moscow in the 1930s: Abstract of Ph.D. dissertation*. Domestic History, Moscow, Russian Federation.

Received 15.02.2024

Approved 26.08.2024

Accepted 13.09.2024