

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И 3D-РЕКОНСТРУКЦИИ

GIS AND 3D RECONSTRUCTIONS

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОЕКТЫ ПО ВИРТУАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ: ЛОГИСТИКА, МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ

COMPLEX PROJECTS FOR THE VIRTUAL
RECONSTRUCTION OF CULTURAL HERITAGE:
LOGISTICS, METHODS AND TECHNOLOGY

Бородкин Леонид Иосифович,

доктор исторических наук, профессор, заведующий кафедрой исторической информатики исторического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

E-mail: borodkin@hist.msu.ru

Leonid I. Borodkin

Жеребятьев Денис Игоревич,

кандидат исторических наук, ассистент кафедры исторической информатики исторического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

E-mail: dzher@inbox.ru

Denis I. Zherebyatyev

Мироненко Максим Сергеевич,

аспирант кафедры исторической информатики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

E-mail: mmironenko91@gmail.com

Maxim S. Mironenko

Моор Вячеслав Витальевич,

архитектор (Севастополь)

E-mail: v_moor@mail.ru

Vyacheslav V. Moor

¹ Статья подготовлена в рамках проекта, поддержанного Российским научным фондом (РНФ), грант № 14–18–03473.

Обсуждаются особенности организации работ и логистика исследовательского проекта по созданию виртуальной реконструкции Московского Страстного девичьего монастыря и Страстной площади, возникшей в XVII в. вокруг этого монастыря, уничтоженного в 1930-х гг. Именно в таких комплексных междисциплинарных проектах возникают проблемы координации работ, проводящихся специалистами из разных областей знания. Опыт, полученный в ходе данного проекта, может быть полезным и в других комплексных междисциплинарных проектах.

Ключевые слова: виртуальная реконструкция, 3D-моделирование, междисциплинарный проект, логистика, Страстной монастырь.

This article discusses the features of the work organization and logistics of the research project to create a virtual reconstruction of the Moscow nunnery Passion and the Passion Square emerged in the 17th century around the nunnery and destroyed in the 1930s. It is in these complex interdisciplinary projects, the problems of the work coordination being carried out by experts from different fields of knowledge should be resolved. The experience gained in the project can be used in other complex interdisciplinary projects.

Keywords: virtual reconstruction, 3D-modeling, interdisciplinary project, logistics, Moscow nunnery Passion.

В XX в. в России была разрушена значительная часть монастырей, многие из которых представляют интерес для изучения с точки зрения не только архитектурных особенностей, но и их социокультурной роли и экономического значения. Несколько уничтоженных монастырей располагались в Москве. Все они могут стать потенциальными объектами виртуальной реконструкции. Важным критерием для выбора объекта такого исследования становится, наряду с его социокультурным значением и архитектурными достоинствами, степень сохранности источниковой базы. Исходя из этого в качестве основного объекта исследования в нашей работе выступает московский Страстной монастырь, а главной задачей является построение виртуальной реконструкции пространственной эволюции монастыря. Важный принцип реализации этой задачи в нашем исследовании — опора на данные комплекса источников, характеризующих объекты реконструкции в их эволюции.

В данной статье речь идет об особенностях организации работ и логистике исследовательского проекта по созданию виртуальной реконструкции Страстного девичьего монастыря и исторической городской застройки центра Москвы, конкретно — Страстной площади, возникшей в XVII в. вокруг Страстного монастыря, который был уничтожен в 1930-х гг. Анализ эволюции рассматриваемой пространственной инфраструктуры проводится на основе комплекса источников, характеризующих объекты реконструкции на нескольких временных срезах с учетом социального контекста монастырской жизни и изменявшейся архитектурной среды Страстной площади. Проект, реализуемый на кафедре исторической информатики

МГУ им. М. В. Ломоносова в 2014–2015 гг.¹, имеет выраженный междисциплинарный характер; творческий коллектив включал историков, искусствоведов, реставраторов, архитекторов, IT-специалистов (д.и.н. Л. И. Бородин (руководитель проекта), к.и.н. Т. Я. Валетов, к.и.н. Д. И. Жеребятъев, О. Г. Ким, к.и.н. Р. Б. Кончаков, к.и.н. И. П. Кулакова, М. С. Мироненко, Е. М. Мишина, В. В. Моор, В. А. Рябов, к.иск. А. М. Лидов, М. Ю. Остапенко). Именно в таких комплексных междисциплинарных проектах возникают проблемы координации работ, проводящихся специалистами из разных областей знания, взаимного проникновения их методов и технологий, логистики в поэтапной реализации поставленных задач. Опыт, полученный в ходе данного проекта, может быть полезным и в других комплексных междисциплинарных проектах.

* * *

Изучение истории Москвы, воссоздание облика ее исторических улиц и площадей — актуальная задача сохранения историко-культурного наследия столицы, развития исследований по москвоведению. Важная роль в решении этой задачи принадлежит восстановлению исторического облика Страстного монастыря, являвшегося доминантой Страстной площади — одного из наиболее значимых в Москве мест с конца XVII в. Возникновение Страстного монастыря стало важным этапом в градостроительной истории центра Москвы. Современные размеры и облик Пушкинская площадь приобрела в 30–80-е гг. XX в. До этого времени большую часть ее нынешней территории занимал Страстной монастырь. Он был построен у Тверских ворот Белого города по улице Тверской по царскому указу

1649 г. об основании Страстного («девичьего») монастыря, на месте встречи Страстной иконы Богоматери жителями Москвы. Позже по названию монастыря стали называть и прилегающую площадь. Пятиглавый собор монастыря стал девятым собором Москвы. На рубеже XVII–XVIII вв. монастырь включал в себя здание собора, колокольню с церковью, 54 деревянные монашеские кельи, колодец и первые захоронения вкладчиков, именитых прихожан, участвовавших в жизни монастыря, игумен и насельниц. Строительство каменной колокольни с церковью Алексея человека Божия было начато в 1697 г.

После революции 1917 г. Страстной монастырь постепенно пришел в упадок, а в 1937 г. в ходе реконструкции улицы Горького и Пушкинской площади постройки Страстного монастыря были снесены. В настоящее время на месте входа в колокольню Страстного монастыря стоит памятник А. С. Пушкину.

История Страстного монастыря получила отражение в целом комплексе разнообразных по характеру и типам источников. К ним относятся проекты архитекторов, планы и чертежи основных построек комплекса, делопроизводственные материалы, документы, связанные с перестройкой, реконструкцией, реставрацией и другими изменениями внешнего облика зданий монастыря, гравюры и другие изобразительные материалы, а также фотографии конца XIX — начала XX в.

В ходе построения виртуальной реконструкции приходилось решать задачи источниковедческого синтеза, включая выяснение последовательности возникновения источников, их сопоставления по степени их достоверности и точности, полноты представления необходимой информации, устранения возможных противоречий. Основным инструментом такого синтеза служили программы 3D-моделирования, использовавшиеся в ходе построения виртуальной реконструкции.

Обращение ко всему комплексу доступных источников, включая материалы архивов, опубликованные источники дает возможность восстановить расположение строений, сопоставив полученную из описательных источников информацию с данными изобразительных источников; найти подтверждения гипотез или выявить «нестыковки» сведений из различных источников.

Нередко для исторически достоверной реконструкции того или иного строения приходится проследивать весь процесс изменения монастырской застройки, анализировать причины, повлиявшие на необходимость продолжения строительных работ. В большинстве случаев при недостатке информации о той или иной постройке на определенном временном срезе состояния монастыря

информация заимствуется из более поздних источников, упоминающих о данном строении, затем при помощи метода «временного вычета» проводится определение всех изменений, произошедших с изучаемым объектом, после чего осуществляется ретроспекция состояния объекта на реконструируемое время.

Отметим, что результатом проекта стала разработка виртуальной реконструкции Страстного монастыря и прилегающего к нему исторического пространства Страстной площади, основанная на технологии компьютерного 3D-моделирования (в нашем случае можно говорить 4D-моделировании, если учесть что планируется построение виртуальной реконструкции на трех временных срезах: рубеж XVII–XVIII вв., 1830-е гг. и начало XX в.). Выбор указанных временных срезов определяется их значением для истории Страстного монастыря и обеспеченностью источниками.

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ПЛАНИРОВАНИИ РАБОТ ПО РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

Рассматривая вопросы методологии и технологии построения исторической виртуальной реконструкции, необходимо отметить один из ключевых аспектов: планирование и ведение рабочего процесса согласно календарному графику выполнения работ.

При участии в проекте группы специалистов из разных областей науки (в нашем случае — 11 человек) полезно разработать линейный календарный график, в рамках которого реализуются задачи проекта.

Необходимость составления линейного графика работы обусловлена также рядом других причин, часть из которых связана с масштабом исследовательской работы, другие — с особенностями технологического и интеллектуального взаимодействия между членами исследовательского коллектива в различных ситуациях (отклонение от графика работы, выявление новых исторических источников, исправление ранее допущенных ошибок, корректировка приоритетов в локальных задачах и пр.). Важно также учитывать наличие определенных алгоритмов выполнения работ на различных этапах, специализацию каждого отдельного участника проекта, совмещение хода ведения проектной работы с рядом отчетных мероприятий по проекту (конференций, научных семинаров, презентаций) и т. д.

Информация о ведении работы, логистике и этапах реализации исследовательского проекта по созданию виртуальной реконструкции остается, как правило, в тени при подготовке публикаций

как российских, так и зарубежных авторов. Это относится и к достаточно успешным известным зарубежным проектам по виртуальным историческим реконструкциям, над которыми работали сотрудники нескольких университетских групп и лабораторий, таких как Rome Reborn², Paris 3D³, Khufu Reborn⁴, Persepolis 3D⁵, Byzantium 1200⁶, Babylon 3D⁷, Carnuntum Interactive 3D⁸ и др. Причин тому несколько, среди них — отнесение подобной информации к разряду внутренней документации по проекту (т. е. закрытой для распространения), изначально заданной невысокой планкой ведения исследовательской и технической работы, небольшим количеством реальных исполнителей проекта, выполняющих техническую и аналитическую часть работы, отсутствием достаточно тесной кооперации между ними и общей научно-организационной базы (лаборатории, научно-исследовательского центра).

Наличие линейного графика дает исследовательскому коллективу целый ряд преимуществ при организации ведения работ, позволяет выстроить между исследователями прозрачную цепочку обмена информацией, наладить взаимодействие между собой в процессе принятия решений при синтезе исторических источников, улучшает качество аналитической работы на разных этапах ведения проекта, создает внутреннюю и внешнюю проектную структуру обмена рабочими материалами. Таким образом, не только члены исследовательского коллектива, занимающиеся сбором источниковой базы виртуальной реконструкции, определяют характер задач компьютерного моделирования объектов реконструкции, но и наоборот: в ходе работы IT-специалистов могут выявляться эффекты визуализации, которые заставляют иначе взглянуть на оцифрованные источники, усомниться в степени их достоверности (например, речь может идти о точности чертежа здания) и углубить поиск на новом витке процесса реконструкции.

СОЗДАНИЕ ПЛАНА И ЛИНЕЙНОГО КАЛЕНДАРНОГО ГРАФИКА

В качестве одного из основных целевых условий в рассматриваемом исследовании были заложены высокие внутрипроектные стандарты качества работы. На начальном этапе, при составлении заявки на получение гранта, определялась методика выполнения задач, поставленных перед участниками проекта: устанавливались виды работ, этапы их выполнения, распределялись рабочие функции участников, формировалась общая концепция проекта. Процесс создания графи-

ка работы потребовал его коллегиального обсуждения.

Перед тем как описывать структуру линейного графика работы, приведем краткое описание этапов работы по проекту.

Первым этапом работы выступил сбор данных: поиск материалов в архиве, оцифровка документальных источников, сбор материалов из ранее опубликованных документов, в том числе и в сети Интернет. К сбору данных можно отнести и работы по фиксации архитектурного убранства фасадов зданий Москвы и скульптурных композиций, в том числе и на территории Страстной площади, относящихся к периоду XVIII–XIX вв., а также этап съемки современной территории Страстной площади с помощью технологии создания виртуальных панорам.

Вторым этапом работы являлись анализ данных, их сортировка и подбор документации для каждого объекта виртуальной реконструкции на каждый конкретный временной срез: выделение среди массива текстовой документации информации по отдельным постройкам, их площади, функциональной принадлежности (жилое, хозяйственное, больничный корпус и т. п.), архитектурным особенностям (количество комнат, дверей, оконных проемов), строительным материалам (цвет материала, фактура, его состояние и степень сохранности). Этапы сбора и анализа источниковой базы являются базовыми при построении виртуальной реконструкции. Любая новая выявленная информация, переоценка степени достоверности исторического источника приводит к полному пересмотру облика трёхмерной модели и ее функционального назначения.

После проведения первичного анализа исторических источников и их систематизации начинается техническая часть работы. Именно на третьем этапе составляется календарный график работы технологической части выполнения реконструкции. График содержит в себе перечень видов работ с указанием ответственного исполнителя, за которым закреплена определенная часть работы, даты ее начала и окончания.

При создании графика ведения работ каждый объект виртуальной реконструкции расписывался по ряду пунктов: сложности геометрии, наличию декоративных элементов, алгоритму построения элементов архитектурного декора (при помощи технологии фотограмметрии, или «скульптинга»), необходимости поиска фактуры или ее аутентичной реконструкции по черно-белым фотографиям, особенности полноты источниковой базы и необходимости расчёта параметров строения с помощью технологий Match Photo.

Помимо списка строений в график работы были вписаны: застройка второй линии Страстной площади, рельеф, дорожная сеть, объекты антуража (стаффажи, небольшие хозяйственные строения, торговые лавочки, киоски), этап работы по созданию общей 3D-сцены в программе Lumion с последующим подразделением промежуточных этапов работы внутри программы (визуализация общей сцены, съемка видеофрагментов виртуальной экскурсии по территории, визуализация для создания приложения дополненной реальности), этап работы по построению интерактивной общей сцены виртуальной реконструкции в оболочке Unity3D, приложение дополненной реальности, электронный архив источниковой базы виртуальной реконструкции.

Выделив особенности составления графика ведения работы технологической части, связанной с 3D-моделированием, отметим, что помимо него график включал в себя этап работы по построению единой геоинформационной системы и созданию плана временного среза виртуальной реконструкции.

ВЕДЕНИЕ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ В СООТВЕТСТВИИ С ОПРЕДЕЛЕННЫМ ГРАФИКОМ, КОРРЕКЦИЯ ПЛАНА В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Отметим, что работа по проекту велась реверсивным способом. Так, если на первом этапе реконструкция исторической застройки Страстной площади XVII в. и 1830-х гг. была сделана в большей степени по архивным данным, выявленным участниками коллектива в начале работ по проекту, то реализация последующего этапа виртуальной реконструкции способствовала переработке более ранних исторических срезов виртуальной реконструкции (срез 1830 г.).

В процессе построения 3D-моделей сроки работы в рамках графика неоднократно пересматривались, если в ходе работы выявлялась новая информация, например, неточность данных трех чертежей по строению, находившемуся по адресу: ул. Тверская, 47, которые изначально предполагалось положить в основу реконструкции. Отметим, что данный факт был обнаружен только на втором году работы по проекту в ходе сопоставления фотографий и чертежей в программной оболочке. Пересмотр изначальной трактовки исторического источника (в данном случае чертежей) в упомянутом нами эпизоде выявил необходимость проведения анализа имеющихся фотографий здания с помощью технологии фотограмметрии (Match

Photo программы SketchUp) с целью расчета параметров здания. Далее последовал этап перестроения созданной 3D-модели временного среза 1910 г. и более раннего среза 1830 г., которая изначально на первом году работы была спроектирована некорректно.

Поскольку одна часть работ выполнялась и передавалась другим участникам проекта для продолжения, линейный график работ позволял фиксировать все изменения с учетом специализации каждого из исследователей. Если какие-то виды работ по той или иной причине затягивались или срывались сроки их выполнения, график позволял как корректировать весь процесс выполнения проекта, так и (в случае переделки отдельных объектов реконструкции или участков работы) поэтапно вносить изменения в виртуальную реконструкцию. Если по каким-то объектам работа откладывалась (например, этап работы по фотосъемке элементов архитектурного декора с помощью технологий фотограмметрии), то освободившийся промежуток времени заполнялся другой работой, предусмотренной в плане рабочего графика. Работа планировалась в зависимости от того, укладывается она в рабочий график, или его приходится пересматривать. Это дало гибкость в работе, мобильность в планировании по видам работы, трудозатратам и принятии решений.

Отдельные этапы общей работы «технологической команды» были подкорректированы по срокам и очередности выполнения. Так, по позднему периоду реконструкции (1910 г.) очередность построения моделей была изменена; вначале была построена виртуальная модель здания по адресу Страстная площадь, 8 (первая линия застройки), которое было выбрано в качестве одного из главных строений; на этом примере был проиллюстрирован процесс эволюции архитектурного декоративного убранства фасада здания на протяжении XIX в. В рамках проекта и учебного плана для студентов и аспирантов — участников проекта были запланированы краткосрочные курсы повышения квалификации для ведения работ по соответствующим участкам исследования.

Компьютерное моделирование десятков объектов виртуальной реконструкции на трех временных срезах потребовало адекватного аппаратно-программного обеспечения. Такое обеспечение было предоставлено кафедрой исторической информатики исторического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, имеющей достаточно мощные рабочие станции, а также набор всего необходимого программного обеспечения. Спецификация рабочего оборудования приведена на странице 20.

Наименование оборудования	Конфигурация
Главный компьютер	i7–2600 CPU 3,40 GHz, 16 Gb ОЗУ, NVIDIA GeForce GTX 580
Станция для работы архитектора / реставратора	i5 CPU 3,40 GHz, 16 Gb ОЗУ, NVIDIA GeForce GTX 580
Станция для работы архитектора / реставратора / 3D-дизайнера	i5 CPU 3,40 GHz, 8 Gb ОЗУ, NVIDIA GeForce GTX 580
Фотограмметрическая станция с программным обеспечением для построения и постобработки фотограмметрических моделей	i5 CPU 3,40 GHz, 4 Gb ОЗУ, NVIDIA GeForce GTX 580
Станция для аудио / видеомонтажа	i5 CPU 3,40 GHz, 4 Gb ОЗУ, NVIDIA GeForce GTX 580

Отметим, что рабочие станции имели свой технический профиль, необходимый соответствующим специалистам:

- аудио/видеомонтаж;
- фотограмметрическая станция с программным обеспечением для построения и постобработки фотограмметрических моделей;
- станция для работы архитектора-реставратора с программным обеспечением для построения общей геометрии зданий и рендеров;
- станция для работы архитектора/реставратора/3D-дизайнера с программным обеспечением для реконструкции сложных форм геометрии (к ним можно отнести декоративное убранство, скульптуру), работы с облаком точек, фотограмметрическими моделями, а также софт для построения 3D-моделей по фотографиям и программы для рендера;
- главная рабочая станция для сбора общей 3D-сцены и итогового рендера скриншотов и видео.

Отдельные виды работ в ходе реализации проекта проводились дистанционно, например, построение геоинформационной системы по территории Страстной площади. В связи с этим отдельно рабочей станции для работы с геоинформационной системой в нашем случае не было.

Между участниками творческого коллектива была организована внутренняя система обмена информацией по проекту:

- внутренняя локальная сеть в лаборатории проекта; на главном рабочем компьютере находилась сетевая рабочая папка со структурированными материалами по внутренним папкам, в которых размещались тематические папки: пообъектная информация по конкретному временному срезу, папки с планами, фотографии, папка для 3D-файлов, папка для фотограмметрических моделей;
- «Облачный» ресурс Mega. В ходе работы процесс обмена информацией между участниками осуществлялся также с помощью

облачных сервисов. Так было апробировано несколько вариантов: Google Drive, Yandex Диск, Dropbox и Mega. Наш выбор остановился на облачном сервисе Mega (URL: <https://mega.co.nz>), который является одним из главных поставщиков облачного хранилища с высокопроизводительным сквозным шифрованием средствами браузера, предоставляющим в бесплатном режиме 50 ГБ для хранения информации.

Поскольку скорость обмена данными между участниками проекта была достаточно высокой, вес рабочих файлов 3D-моделей иногда доходил до 3,5 Гб на отдельное здание и 3D-модели пересохранились в разных форматах, то загружать на «облако» большой объем информации, часть из которой будет не востребовано, было нецелесообразно. Таким образом, «облачный сервис» в процессе обмена информацией выступал в роли дополнительного онлайн-архива актуальной информации участников проекта. К ней была отнесена вся источниковая база виртуальной реконструкции, исключая рабочие файлы 3D-моделей и прочих программ.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В данном разделе дается характеристика программного обеспечения, используемого в рамках реализации проекта. От правильного выбора программного обеспечения и составления корректной схемы взаимодействия программ между собой напрямую зависит качество конечного продукта, степень погрешности при синтезе исторических источников и их переводе в цифровую 3D-модель, геоинформационную систему или плоскостную карту. В ряде случаев четко отработанная схема взаимодействия программ между собой и знание максимальных и минимальных их технических возможностей позволяет избежать возможных ошибок при работе. Типичные ошибки разработчиков проекта зачастую изначально заключаются в неправильном выборе методов и путей их технической реализации. В таких случаях

целый сектор работы или конечный продукт может выстраиваться в программной среде, которая изначально позволяет выдать низкое итоговое качество с рядом ошибок и достаточно большой степенью погрешности. Зачастую отдельные виды работ (например, с картой, фотографиями, облаком 3D-точек, фотограмметрическими моделями) требуют использования специализированного программного обеспечения, обладающего необходимым набором инструментов для работы с исторической документацией.

Факторов, оказывающих влияние на некачественный выбор проектными коллективами программного обеспечения для ведения проектов и построение изначально ошибочной схемы взаимодействия программных продуктов, достаточно много. Коллективы, ведущие исследования в области реконструкции утраченных памятников культурного наследия, не всегда обладают необходимым бюджетом для приобретения лицензионного программного обеспечения, навыками работы в нем. Бывает и так, что разработчики программного обеспечения предоставляют неполноценную информацию о своем продукте или дают заведомо ложную информацию о возможностях программы.

При реализации крупных проектов по созданию 3D-реконструкций встречаются случаи, когда разработчики уже на завершающем этапе работы по проекту вследствие незнания максимальных возможностей программы или сокрытия разработчиками софта подобного рода информации сталкиваются с ограничением возможностей программы загружать дополнительные компоненты файлов в общую сцену, или программа по каким-то причинам отказывается выводить конечную результирующую проекцию. В таком случае под угрозой оказывается весь ход проделанной работы.

Существует также проблема потери информации при неправильной схеме взаимодействия программ, когда при конвертации файлов из формата в формат теряется значительная часть информации: меняется геометрия модели, теряются отдельные архитектурные элементы, материал модели исчезает или меняет настроенные параметры разрешения (размер фактуры, цвет).

В некоторых случаях избежать проблем ограничения возможностей выбранного софта за счет выбора другого невозможно, поскольку аналоги не позволяют зачастую добиться требуемого качества конечного продукта. В этих случаях приходится искать методы и пути согласования возможностей программ и необходимого качества результата. В связи с этим полезно дать в данной статье краткое описание используемых программных пакетов с комментариями по основным критериям отбора программ, их задачам в проекте, особенностям

и проблемам, с которыми пришлось столкнуться при работе с ними, а также привести техническую схему реализации проекта.

Прежде чем перейти к описанию программного обеспечения отметим, что техническая схема проекта, заложенная изначально, за время работы по проекту претерпела изменение. Выполнение технологически сложного проекта невозможно без знакомства с существующими трендами развития программного обеспечения, апробации технических новинок в программах и их возможностей для поставленных в исследовании задач. Так, летом 2015 г. состоится презентация новой версии программного пакета BIM (англ. Building Information Modeling или Building Information Model) ArchiCAD 19, в котором разработчики существенно расширили возможности программного обеспечения работы с материалами, увеличили производительность программы, а также добавили возможность работы с 3D-облаком точек. Возможность работы программы с облаком точек, созданным с помощью технологий лазерного сканирования или фотограмметрии, совершенно изменила на отдельных этапах ход ведения работы по проекту, улучшив степень максимальной точности и аутентичности получаемого результата в процессе виртуальной реконструкции. Теперь вместо чертежа и обмера современных зданий Страстной площади, которые частично сохранились до нашего времени, процесс реконструкции и проектирования может быть реализован в максимально автоматическом режиме. Аналогичные изменения происходили в программном обеспечении по фотограмметрии — Agisoft Photoscan: последние программные обновления увеличили точность получаемой геометрии и облака точек и улучшили степень коммуникации с программами BIM.

* * *

Перейдем к описанию программного обеспечения, сгруппировав программы в соответствии с их функциональным назначением.

Графические и векторные редакторы (Adobe Photoshop, Corel Draw). Использование растровой графики при работе с историческим материалом в рабочем процессе имеет ряд характерных особенностей на различных этапах ведения работы. При обработке исходных данных архивных чертежей, планов, фотографий, материалов аэрофото съемки Страстной площади 1927 г., исходных данных фотограмметрии программный пакет Adobe Photoshop используется для приведения исходников фотограмметрических данных к общим позициям в световой и колористической шкале, для рабочей корректировки в исследовании материалов фиксации состояния объекта (наведение резкости,

осветление и затемнение отдельных участков изображения). В этом программном пакете осуществляется обработка, создание и редактирование рабочих текстур на основе фотографий и существующих библиотек текстур для программ автоматизированного проектирования, а также проводится создание и завершающее редактирование растрового экспозиционного материала. Программы векторных графических редакторов (Corel Draw) использовались для обработки картографической информации и планов при построении временных срезов виртуальной реконструкции (срезы 1700, 1830 и 1910 гг.).

Программы геоинформационных систем (*QuantumGIS*) и сервисы (*Open Street Map*). Современные геоинформационные системы (ГИС) уверенно становятся одним из самых востребованных типов программного обеспечения, применяемых для исследования и визуализации исторических данных⁹. В качестве основного способа представления пространственных данных современные ГИС используют векторную модель, отображая природные и антропогенные объекты при помощи элементов векторной графики. Однако эти системы имеют и развитый функционал работы с растровыми изображениями. Из арсенала растровых методов ГИС прежде всего стоит отметить возможности трансформации растров в зависимости от указанной системы координат и проекции¹⁰.

Исходная посылка, определившая выбор метода, состояла в том, чтобы осуществить координатную привязку планов разного времени, выполняя постепенную векторизацию исторических слоев.

В качестве инструмента выполнения ретроспекции была выбрана свободно распространяемая геоинформационная система Quantum GIS (qGIS)¹¹. Возможности этой системы, в том числе и для решения исторических задач, неоднократно были описаны. Однако для решения задачи сопоставления планов необходимо было получить координаты сохранившихся объектов. Источником этих данных стал один из сервисов онлайн-карт — Open Street Map¹², которая также является некоммерческим ресурсом.

Программы фотограмметрии (*Agisoft Photoskan*). Данный вид программ используется для фиксации состояния памятника культурного наследия на конкретный момент или этап. В нашем случае — это сохранившиеся строения Страстной площади XIX — начала XX в. и элементы декоративного убранства фасадов Москвы, в том числе скульптурные композиции. Созданная посредством технологии фотограмметрии трехмерная модель или облако точек на основе фотографий служит двум задачам, одной из которых является основа для построения трехмерной модели, вторая — ис-

ходник, прилагаемый к документации для дальнейшего анализа и работы с ним в сторонней программной оболочке от компании Adobe, и интернет-сервис Sketchfab. Отличительной особенностью программ фотограмметрии является возможность передавать сложные геометрические формы объекта, которые проблематично начертить вручную, в программах автоматизированного проектирования CAD (computer-aided design).

Фотограмметрические модели позволяют наиболее точно передать геометрию объекта. В нашем случае отметим, что предел необходимой точности получаемой 3D-модели зависит непосредственно от свойств фиксируемого объекта и возможностей используемого аппаратного обеспечения. Для элементов архитектурного декора и скульптурных композиций задавалась максимальная в проекте степень точности (1–5 мм). Для последующей работы в стороннем программном обеспечении, например, в программах информационного моделирования и автоматизированного проектирования CAD (ArchiCAD), для облегчения веса общей модели с элементами архитектурного декора и скульптурными композициями точность геометрии могла быть частично упрощена. Об этом будет сказано ниже.

Agisoft PhotoScan отличается высокой степенью автоматизации выполняемых операций и не требует специальной квалификации для работы с программой. Однако при работе с PhotoScan все же необходимо иметь общее представление о базовых геодезических и фотограмметрических понятиях — таких как система координат, типы проекций, точность привязки и т. п.

В Agisoft PhotoScan при анализе фотографий используется модель дисторсии Брауна. Снимки, полученные большинством камер, достаточно хорошо описываются данной моделью. Но в некоторых случаях выполнить обработку снимков в Agisoft PhotoScan невозможно.

Проблемы могут возникнуть в следующих случаях:

- снимки получены сверхширокоугольными (типа «рыбий глаз») и сверхдлиннофокусными объективами;
- снимки получены примитивными камерами некоторых мобильных устройств;
- снимки были трансформированы для исправления дисторсии или кадрированы (обрезаны)¹³.

В связи с этим программа требует наличия оборудования для профессиональной фотосъемки и объектива. В нашем случае это были зеркальные фотоаппараты Canon 60D и Canon 400D с объективами 18–55 мм и 55–250 мм. Поскольку процесс получения фотограмметрической модели имеет ряд

особенностей, а созданные файлы на разных этапах работы в программе используются другим сторонним программным обеспечением, таким как программы BIM, уместно рассмотреть кратко принцип работы программы Agisoft PhotoScan:

1. Определение положений и параметров внешнего и внутреннего ориентирования камер. На этой стадии Agisoft PhotoScan находит общие точки фотографий и по ним определяет все параметры камер: положение (с точностью до масштаба), ориентацию, внутреннюю геометрию (фокусное расстояние, параметры дисторсии и т. п.). Результатами этого этапа являются разреженное облако общих точек в 3D-пространстве модели и данные о положении и ориентации камер. В Agisoft PhotoScan разреженное облако точек не используется на дальнейших стадиях обработки (кроме режима построения модели на основе разреженного облака точек) и служит только для визуальной оценки качества выравнивания фотографий.

2. Построение плотного облака точек. Эта функция выполняется Agisoft PhotoScan на основании рассчитанных положений камер и используемых фотографий. Плотное облако точек может быть отредактировано и классифицировано до экспортирования или перехода на следующий этап создания 3D-модели. Стоит отметить, что на данном этапе задается масштаб объекта, после чего плотное облако точек может быть экспортировано в формат XYZ Point Cloud для дальнейшего использования в программах информационного моделирования (ArchiCAD). К сожалению, у большинства пользователей ArchiCAD на данный момент при импорте облака точек из программы Agisoft PhotoScan возникают осложнения, поскольку фотограмметрическая программа сохраняет облако точек в расширении XYZ Point Cloud как.txt файл, а последняя версия ArchiCAD читает только файлы XYZ Point Cloud с расширением .xyz. Простое переименование формата файла позволяет сделать импорт облака точек в библиотеку моделей программы ArchiCAD.

3. Построение полигональной модели объекта. На третьем этапе Agisoft PhotoScan строит трехмерную полигональную модель, описывающую форму объекта, на основании плотного облака точек. Возможно быстрое построение модели на основании только разреженного облака точек. Agisoft PhotoScan предлагает два основных алгоритмических метода для построения полигональной модели: карта высот — для плоских поверхностей (таких как ландшафт или барельеф) и произвольный — для любых типов поверхностей. После построения модели иногда требуется ее редактирование. Некоторые изменения, такие как оптимизация модели, удаление изолированных компонент, за-

полнение отверстий и иные, могут быть выполнены в Agisoft PhotoScan. Для более сложных операций редактирования предусмотрена возможность экспорта полигональной модели для внесения изменений во внешнем редакторе (например, в программы 3D-моделирования и скульптинга Autodesk Mudbox) с последующим импортом модели обратно в Agisoft PhotoScan.

4. Текстурирование объекта. Последний этап включает в себя процесс перенесения материала с фотографий на 3D-модель и построении на их основе текстуры¹⁴. Стоит отметить, что если для создания виртуальной реконструкции здания в программах информационного моделирования предпочтительно было облако точек, то создание элементов архитектурного декора и скульптур потребовало прохождения всех этапов построения фотограмметрической модели, включая текстурирование и последующую постобработку 3D-моделей.

Программы информационного моделирования (BIM) и автоматизированного проектирования CAD (ArchiCAD, SketchUp). Программы для проектирования архитектурно-строительных конструкций. К данному виду относятся следующие программы: ArchiCAD, AutoCAD, BtoCAD, BricsCAD, ZWCAD, ProgeCAD, 3D Home Architect, Home Design Deluxe, MOHOMAX, Компас 3D и т. д.

Все эти программы основываются на системе CAD (САПР). САПР (Система автоматизированного проектирования) — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Из всего спектра подобного рода программ, для 3D-реконструкции больше всего подходит программа Graphisoft ArchiCAD. При работе в данной программе используется концепция виртуального здания. В соответствии с данной концепцией пользователю предоставляется полный набор ориентированных на архитектурно-строительное проектирование специализированных инструментов, при помощи которых создается «виртуальное здание» — объемная модель, соответствующая реальному зданию, но существующая только в памяти компьютера. Из этой виртуальной модели извлекается разнообразная информация: поэтажные планы, фасады, разрезы, экспликации, спецификации, презентационные материалы. Для создания подобной модели проектировщик на начальных этапах работы с проектом фактически «строит» здание, используя при этом инструменты, имеющие свои полные ана-

логи в реальности: стены, перекрытия, окна, двери, лестницы, разнообразные объекты, профили.

В данных программах производится синтез графической документации: планов, других чертежей, фотографий и фотограмметрических 3D-моделей с последующим этапом проектирования.

Основным преимуществом программы является естественная взаимосвязь между всеми частями проекта. Концепция «виртуального здания» позволяет работать не с отдельными, физически никак не связанными между собой чертежами, а со всем проектом в целом. Любые изменения, сделанные, например, на плане здания, автоматически отобразятся (перестроиваются, перерасчитаются) на разрезах, видах, в спецификациях. Такой подход обеспечивает значительное сокращение времени проектирования. Кроме того, при правильной работе с виртуальным зданием гарантировано обнаружение и устранение большинства проблем, которые обязательно проявились бы на более поздних этапах проектирования.

Работа над реконструкцией объектов данного проекта дала возможность сформулировать ряд вопросов, ранее не поднимавшихся в ходе исследования: о конструктивных особенностях сооружения колокольни Страстного монастыря, зонировании помещений на жилые и хозяйственные и т. п. Данная методика представляется в особенности интересной в контексте анализа этапов строительства Страстного монастыря. Учет большого количества факторов, к которым апеллируют авторы в процессе работы, и использование информационной системы проектирования являются отличительной чертой ведения рабочего процесса реконструкции облика утраченных памятников культурного наследия и отличают обычную систему визуального моделирования от информационного проектирования.

Недостатком программы можно считать ограниченные возможности по созданию объектов со сложной, нестандартной геометрией (например, поверхности NURBS, скульптурное моделирование), что зачастую не позволяет пользователю стандартными средствами реализовать все свои идеи в полной мере. Для решения такой проблемы можно воспользоваться импортом из сторонних программ, таких как SketchUp Pro или Autodesk 3Ds Max.

Второй программой, которая использовалась в задачах проектирования строений и отдельных элементов архитектурного фасадов, является программа SketchUp, относящаяся к классу программ автоматизированного проектирования CAD. Отличительной особенностью данного программного обеспечения является функция автоматизированного анализа фотоизображений (Match Photo), расчет угла обзора камеры по данным фотографии,

а также всей перспективы кадра с размерами строений. В ряде случаев выявленные в архиве проектные чертежи зданий Страстной площади вызвали сомнения — был ли полностью реализован проектный чертеж или нет (например, здания по адресам Большой Путиловский пер., 1–3, Тверская, 47), а по ряду строений единственными графическими источниками были фотографии и планы (например, храм Дмитрия Солунского и колокольня архитектора М. Д. Быковского). В таких случаях без специализированной программы анализа фотографий при решении поставленных задач обойтись было нельзя.

Программы 3D-конвертеры (Deep Exploration). Deep Exploration — мощный 3D-конвертер, позволяющий заменять любые текстуры на необходимые. Рассматриваемое программное обеспечение играет немалую роль при создании цифровой 3D-модели в формате PDF. Для этого модель приходится пересохранять в формат .U3D и делать импорт в программу Adobe Acrobat.

Программы 3D-моделирования, рендера и скульптинга (Autodesk 3Ds Max, Mudbox). Модели, созданные с помощью технологий фотограмметрии, как было отмечено выше, в ряде случаев нуждались в доработке. Такой программой для редактирования геометрии фотограмметрических моделей стала Mudbox. Для создания библиотеки декоративных элементов для ArchiCAD использовалась также программа SketchUp, которая обладает возможностями работы с нелинейной геометрией за счет установки ряда плагинов.

Для рендера отдельных строений территории, их строительной истории использовалось два программных пакета: Artlantis 5 и V-Ray. Поскольку Artlantis 5 является программным продуктом, написанным специально для ArchiCAD, то в качестве рендера промежуточных и конечных этапов работы по отдельным строениям был выбран именно он. При помощи данного программного пакета был проиллюстрирован процесс синтеза графической документации по отдельным зданиям Страстной площади с послойным наложением элемента геометрии на источник, который лег в основу его виртуальной реконструкции. Визуальная репрезентация процесса источникового синтеза в программах информационного моделирования дает яркое понимание всех методик работы и конкретных принимаемых решений, делает прозрачным и наглядным для пользователя этап исследовательской работы по реконструкции утраченного облика монастыря и строений Страстной площади. К сожалению, это программное обеспечение обладает рядом недостатков, среди которых наличие технических ограничений на количество загруженных полигонов на сцену и сложный инструмент съем-

ки видеофрагментов. Таким образом, задача построения общей сцены в данной оболочке была изначально нереализуема.

Значительных результатов визуализации позволил добиться V-Ray, который является мощной системой рендеринга, обеспечивающей реалистичность и высокое качество изображения. Рендер V-Ray встраивается внутрь программы Autodesk 3Ds Max и SketchUp. Отметим, что часть работы по реконструкции территории Страстного монастыря была проведена в среде Autodesk 3Ds Max, где производилась постобработка 3D-моделей и нанесение на них фотореалистичного материала с blend слоями (с трещинами, подтёками и т. п.). К сожалению, отсутствие системы оптимизации алгоритма рендера значительно увеличило по времени процесс рендера итоговых изображений на рабочих машинах, что сильно осложнило процесс доработки общей сцены и ее модификации, поскольку каждый элемент сцены неоднократно подвергался доработке по цвету, фактуре и подобному, а время ожидания выполнения отдельных этапов работ по рендеру затягивалось на длительные сроки.

Интерактивные среды (Unity3D, Lumion). Выбор программного обеспечения результирующего этапа работы является ключевым моментом в технической схеме проекта. Построение больших трехмерных сцен реконструкции городской застройки, помимо мощной рабочей станции, требует наличия программного обеспечения, которое может справиться с большим объемом данных на сцене. Нередко на данном этапе работы в подобных проектах авторы применяют технологии суперкомпьютеров. Так было сделано на этапе рендера общей сцены проекта Rome Reborn по виртуальной реконструкции Рима IV в. н.э. в программе CityEngine и Cell Broadband Engine architecture исследовательской командой профессора Бернарда Фришера на суперкомпьютере IBM университета UCLA в 2008 г. (США, Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе)¹⁵. В нашем случае возможности мощной рабочей станции были небезграничны и требовали апробации существующих алгоритмов программ с наличием аутентичного рендера и выбора среди них наиболее приемлемого для работы.

Поскольку ведение подобного рода проектов является достоянием больших коллективов и сотрудничества нескольких университетских групп, лабораторий и иногда компаний, количество открытой информации о ходе реализации подобного вида проектов с описанием технической части работы, основных тонкостей в процессе построения высокополигональных общих сцен было невелико. Далеко не все коллективы разработчиков виртуальных реконструкций раскрывают информацию о программах разработки финального этапа проек-

та, технических сложностях, возникших в процессе реализации, и их преодоления.

Большой вес 3D-моделей с высокой степенью аутентичности передачи архитектурных элементов зачастую вызывал ряд значительных осложнений на этапах последующей обработки моделей и их текстурирования. Часть используемого программного обеспечения, такого как SketchUp, не импортировала файлы подобного формата внутрь программы (апробировались форматы Collada (.dae) и AutoCAD DWG). Единственным софтом, который мог работать с файлами больших объемов, был Autodesk 3Ds Max. Учитывая общее количество 3D-моделей на сцену (примерно — более 100 крупных и мелких строений, не считая объекты антуража), общий вес моделей вместе с геометрией и текстурами мог достигать до 6 Гб и по количеству 3D точек составлять более 100 000 000 на сцену 1910 г. (по данным оболочки Lumion). Собрать подобную высокополигональную сцену можно было только в достаточно ограниченном числе компьютерных программ.

На рассмотрение были предложены программы Autodesk 3Ds Max (с рендером Vray) и Lumion 5. Процесс сбора геометрии в общей сцене и ход ведения работы по проекту показал преимущества оболочки Lumion 5 по ряду признаков. Vray, являясь одним из лучших на данный этап времени рендеров, в процессе обработки моделей оказался неспособен взаимодействовать с большим количеством полигональных пространств при имеющейся конфигурации рабочих станций в лаборатории. Рендер — не только результирующая часть работы, он требовался и на промежуточных этапах для построения общей сцены, настройки фактуры материалов зданий и экстерьера. В процессе создания общей сцены проявились отдельные черты облика объектов городской застройки. Таким образом, ход работы по реконструкции застройки на конкретный временной срез определил наиболее удобное программное обеспечение, которое позволяло работать с большими пространствами и объемами информации, настраивать материал фактуры прямо в рабочей среде и т. п. Такой программой стал Lumion 5.

Lumion — это программное решение для архитекторов, использующееся для визуализации строительных конструкций. Данная оболочка по сути содержит в себе лишь графический и физический движок. Рассматриваемая программа используется в первую очередь для архитектурной визуализации, имеет поддержку шейдеров последнего поколения, проста в освоении. В ней существует встроенная система рендеринга, позволяющая добиться очень высокого качества изображений, есть также встроенный инструмент для съемки видео, поддержи-

вающий работу с ключевыми кадрами, погодные эффекты, различные фильтры и цветокоррекцию.

Lumion предлагает профессиональные графические средства и позволяет работать с моделями повышенной сложности, импортированными с любой CAD-платформы (Sketchup, AutoDesk, 3D Studio Max и ArchiCAD).

Lumion имеет возможность экспорта всей сцены проекта и просмотра ее пользователями через плеер. Зачастую установка программного обеспечения для просмотра виртуальной реконструкции представляется неудобной пользователю продукта. Для показа виртуальной реконструкции в Интернете через браузер существуют программы интерактивных сред (3D движки).

Использование трехмерных движков позволяет разработчику виртуальной реконструкции сделать доступным свой продукт посредством технологии web-клиента (или web-плеера), который поддерживает большинство операционных систем. Благодаря данной программе стало возможным предоставить пользователю возможность работать с программой через Интернет. При построении виртуальной реконструкции 3D-движок в первую очередь служит для создания окружающей среды, в которую погружают реконструируемый объект. Трехмерный движок позволяет разработчику сделать интерактивную реконструкцию памятника культуры с возможностью просмотра в реальном времени, задать определенный алгоритм развития событий, обучающую систему, создать, например, аналог электронного справочника, интегрировать в виртуальную среду базы данных и т. д. Многие программы трехмерных движков позволяют выполнить все вышеперечисленные операции пользователю без навыков программирования, в некоторых из них можно обойтись начальным уровнем технического образования.

Но, к сожалению, далеко не все движки имеют возможность трансляции через Интернет в окне web-браузера. Данная возможность существует лишь у программ Unity 3D, Quest 3D, 3D Via, технологии Java (Java™ Web Start Launcher), технологии трансляции трехмерных моделей в формате VRML (на базе плееров Cortona VRML Client, CosmoPlayer, OpenVRML и т. д.). В настоящее время к этому перечню планируют присоединяться разработчики трехмерных движков CryEngine 3, Unreal Development Kit и Gamebryo.

Unity3D — это инструмент для разработки двух- и трехмерных приложений и игр, работающий под операционными системами Windows и OS X. Есть возможность создавать приложения для запуска в браузерах с использованием специального подключаемого модуля Unity (UnityWebPlayer), а также с помощью реализации технологии WebGL.

Unity 3D поддерживает систему LevelOfDetail (LOD), суть которой заключается в том, что на дальнем расстоянии от пользователя высокодетализированные модели заменяются на менее детализированные, и наоборот, а также систему Occlusionculling, суть которой в том, что у объектов, не попадающих в поле зрения камеры, не визуализируются геометрия и коллизия, что снижает нагрузку на центральный процессор и позволяет оптимизировать проект. При компиляции проекта создается исполняемый (.exe) файл игры (для Windows), а в отдельной папке — данные игры (включая все игровые уровни и динамически подключаемые библиотеки).

Все вышеперечисленные возможности программы делают ее одной из лучших при интерактивной демонстрации результатов виртуальной реконструкции, так как она, во-первых, достаточно проста в освоении по сравнению с другими движками, во-вторых, бесплатно распространяется, в-третьих, имеет возможность компилировать приложения для web-формата, в-четвертых, позволяет реализовать высокий уровень графики, но при этом за счет технологий LevelofDetail и Occlusionculling предъявляет достаточно скромные требования к комплектации компьютера пользователя. Также Unity позволяет создать удобный интерфейс для пользователя, при помощи которого он может проводить множество различных манипуляций с реконструкцией, описанных выше. Построение высокополигональных реконструкций внутри оболочки Unity5 требует создания большого количества LOD-объектов на каждое здание с разной степенью упрощения его геометрии. Загрузка в оболочку файлов большого объема потребовала от разработчиков частично адаптировать и упростить отдельные архитектурные элементы здания (для Lumion этого не делалось).

К сожалению, у Unity3D есть несколько минусов: во-первых, отсутствие поддержки шейдеров последнего поколения и сложность их настройки, что влияет на общее качество картинки, во-вторых, нет инструмента для создания высококачественного рендера, в-третьих, сложности при съемке видеофрагментов, так как нет никакого встроенного инструментария, позволяющего упростить этот процесс, в результате чего видео, снятые в Unity, требуют постобработки в программах по видеомонтажу, таких как Adobe Premiere Pro, Adobe After Effects, Sony Vegas.

Для демонстрации конечного продукта, по мнению разработчиков проекта, сочетание Unity и Lumion выглядит очень перспективно, так как одна программа позволяет создать виртуальный мир, доступный пользователю в реальном времени при помощи окна браузера, и оснастить его

удобным интерфейсом для анализа реконструкции, другая выводит визуальное качество изображения на новый уровень, позволяет получать визуализацию высокого качества и конкурентоспособный видеоряд.

Инструменты для презентации экспозиционного материала контента. Очень важным моментом для виртуальной реконструкции является ее информационная наполняемость. Под данным термином мы подразумеваем интеграцию в виртуальное пространство информационного текстового и графического материала (рисунки, планы, чертежи, видеоматериалы), баз данных и т. д. В нашем случае важно представить весь комплекс архивных источников, при помощи которого и происходит виртуальная реконструкция.

Для этой задачи мы применяем технологию Web pdf-portfolio. При помощи данной технологии мы можем создать файл, который включает в себя изображения с их описаниями, gif-файлы в качестве интерактивной карты, 3D-модели с возможностью их просмотра и анализа, текстовые источники и т. д. Плюсом данной программы является ее универсальность и удобство для пользователя, так как подобное портфолио открывается почти на каждом компьютере благодаря распространенности технологии pdf. Имеется также возможность встроить файл в интернет-оболочку, что позволит пользователю просматривать наше портфолио без скачивания на компьютер. Программа имеет широкие возможности в плане дизайна и функциональности, что делает ее практически идеальной в рамках решения вопроса информационной наполняемости. Для репрезентации строительной истории Страстного монастыря в покaдровой динамике используется интернет-сервис построения GIF-файлов. Для демонстрации фотограмметрических 3D-моделей и элементов декоративного убранства используется программа Adobe Acrobat X.

Дополненная реальность (PtGui, Kolor Panotour Pro 2) — это воспринимаемая смешанная реальность (англ. mixed reality), создаваемая с использованием «дополненных» с помощью компьютера элементов воспринимаемой реальности (когда

реальные объекты монтируются в поле восприятия). С помощью инструментария дополненной реальности появляется возможность проецировать исторические слои виртуальной реконструкции и визуальные исторические источники (гравюры XVIII–XIX вв., чертежи, рисунки, фотографии) на современную городскую застройку. Особенно используемого программного продукта Kolor Panotour Pro 2 является возможность упрощенного перенесения в программу таких исторических источников, как чертежи, фотографии, гравюры и подобное, и привязка их к координатам в пространстве.

Использование комплекса рассмотренных программ позволяет создать качественные 3D-модели строений Страстного монастыря и окружающей Страстной площади (см. рисунки 1–4, иллюстрирующие результаты виртуальной реконструкции, относящиеся к началу XX в.).

Охарактеризовав перечень необходимого программного обеспечения, основные технические аспекты работы в соответствующей программной среде, а также проблемы, с которыми приходится сталкиваться в процессе реконструкции, отметим, что правильный выбор программного обеспечения и составление схемы обмена информацией между программами являются только начальным этапом работы, после которого следует этап синтеза исторической документации в компьютерных программах.

Таким образом, реализация масштабного междисциплинарного проекта, ориентированного на создание виртуальной реконструкции исторического архитектурного комплекса, требует продуманной координации и планирования действий участников проекта, а также опыта работы с современным специализированным программным обеспечением. Авторы данной статьи надеются, что их опыт построения виртуальной реконструкции Страстного монастыря и окружающей его исторической застройки Москвы окажется востребованным теми исследователями, которые возьмутся за реконструкцию утраченных объектов историко-культурного наследия.

ПРИМЕЧАНИЯ

- ¹ Подробнее о проекте см.: Бородкин Л. И. Виртуальная реконструкция монастырских комплексов Москвы: проекты в контексте Digital Humanities // Вестник Пермского университета. Серия: История. 2014. Вып. 3 (26). С. 107–112; Бородкин Л. И., Жеребятнев Д. И., Кончаков Р. Б., Моор В. В. Виртуальная реконструкция Страстного монастыря (XVII–XX вв.): первый этап проекта // Информационный бюллетень Ассоциации «История и компьютер». № 42. М., 2014. С. 216–218.
- ² Rome Reborn [Electronic Resource]. URL: <http://romereborn.frischerconsulting.com>
- ³ Paris 3D [Electronic Resource]. URL: <http://paris.3ds.com/en-index.html#Heritage>

-
- ⁴ Khufu Reborn [Electronic Resource]. URL: <http://www.3ds.com/passion-for-innovation/khufu-reborn/khufu-reborn>
 - ⁵ Persepolis 3D [Electronic Resource]. URL: <http://www.persepolis3d.com>
 - ⁶ Byzantium 1200 [Electronic Resource]. URL: <http://www.byzantium1200.com>
 - ⁷ Babylon 3D [Electronic Resource]. URL: <http://www.kadingirra.com>
 - ⁸ Carnuntum Interactive 3D [Electronic Resource]. URL: <http://www.mediahistoria.com/carnuntum-wiedergeborene-stadt-der-kaiser-kombi.html?xploidID=2truivisd58s3ia6c6k6p0g6t5>
 - ⁹ Саблин И. Историческая геоинформатика: от визуализации к пострепрезентативному анализу // Историческая информатика: Информационные технологии и математические методы в исторических исследованиях и образовании. 2013. № 1. С. 10–16; Кончаков Р. Б., Баранова Е. В. Геоинформационные системы в исследованиях по социальной истории: современные тенденции // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Международной конференции. Смоленск, 2012. С. 303–307.
 - ¹⁰ Кончаков Р. Б., Ким О. Г. Геоинформационные системы для ретроспективного изучения исторической городской застройки (на примере Страстной площади в Москве) // Историческая информатика. 2014. № 2–3. С. 36–41.
 - ¹¹ Quantum GIS [Электронный ресурс]. URL: <http://www.qgis.org>
 - ¹² Open Street Map [Электронный ресурс]. URL: <http://www.openstreetmap.org>
 - ¹³ Обработка материалов аэрофотосъемки в Agisoft PhotoScan Pro [Электронный ресурс]. URL: http://files.geoscan.aero/public/Agisoft_PhotoScan_Pro.pdf
 - ¹⁴ Руководство пользователя Agisoft PhotoScan Professional Edition [Электронный ресурс]. URL: http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_ru.pdf.
 - ¹⁵ Barry Minor. Siggraph 2008 Rome Reborn Cell/B. E. Demo [Electronic Resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=YZnbMWy9A0Y>; Dylla K., Frischer B., Mueller P., Ulmer A., Haegler S. Rome Reborn 2.0: A Case Study of Virtual City Reconstruction Using Procedural Modeling Techniques [Electronic Resource]. URL: http://romereborn.frischerconsulting.com/rome_reborn_2_documents/papers/Dylla2_Frischer_Rome_Reborn.pdf
-

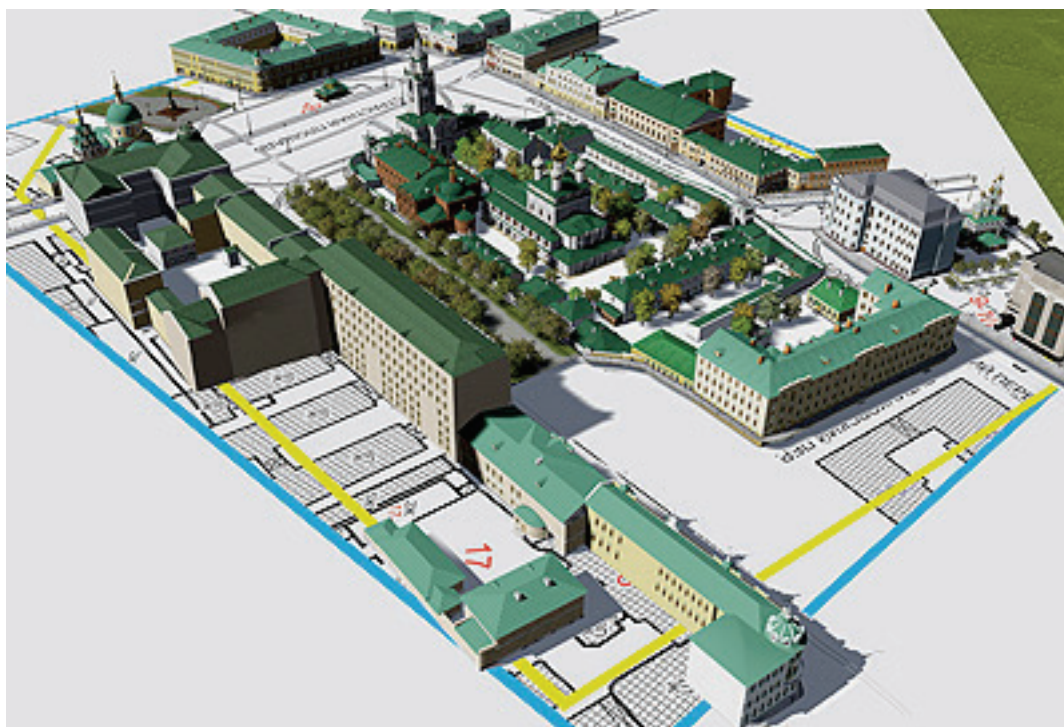


Рис. 1. Интерактивная 3D-модель комплекса Страстного монастыря (схема)



Рис. 2. Комплекс Страстного монастыря (виртуальная реконструкция)



Рис. 3. Памятник Пушкину и колокольня Страстного монастыря (виртуальная реконструкция)



Рис. 4. Храм Страстного монастыря (виртуальная реконструкция)