

# СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ В ПРОГРАММЕ DATUGRAM3D

**М.М. Дехканов** («Компас», Можайск)

В 1974 г. окончил Кокандский нефтяной техникум по специальности «поиск и разведка нефтяных и газовых месторождений». Работал геофизиком в Кызыл-Куме, на Тянь-Шане. С 1993 г. по настоящее время — генеральный директор ООО «Компас». Краевед, член Градостроительного совета при Администрации г. Можайска.

**В.В. Кравцов** (ГИА «Иннотер»)

В 1980 г. окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «физическая география (геоморфология)». После окончания университета работал в ЗАО «Русская инженерная компания», ЗАО «СпейсИнфоГеоматикс», ОАО «Национальная коммуникационная компания», ЗАО «Росгипролес». С 2011 г. работает в ООО «Геоинновационное агентство «Иннотер», в настоящее время — руководитель отдела тематического анализа геоинформации. Кандидат технических наук.

**П.А. Круглова** («Датумэйт»)

В 2014 г. окончила геодезический факультет МИИГАиК. После окончания университета работает в ООО «Датумэйт», в настоящее время — ведущий инженер отдела технической поддержки.

В последние годы объектам историко-культурного наследия уделяется повышенное внимание. Значительную часть архитектурных памятников Подмосковья составляют культовые сооружения, требующие реставрации. Точная фасадная съемка необходима при разработке проектных решений для реставрации, сохранения или изменения внешнего вида здания. И особенно это актуально, когда его архитектурный облик представляет историческую ценность. Технологии с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и специального программного обеспечения позволяют получить цифровую трехмерную модель объекта, соответствующую мировым стандартам.

Для отработки новой методики фасадной съемки специалисты ГИА «Иннотер» и компании

«Датумэйт», а также представители Градостроительного совета при Администрации г. Можайска в качестве пилотного объекта выбрали Ново-Никольский собор (Никольский собор) — шедевр подмосковного зодчества, расположенный на территории бывшего Можайского кремля. Это редкий образец «московской псевдоготики» со сложным архитектурным убранством из множества декоративных деталей (башенок, полуколонн, фриз и т. п.). Величественный собор венчает не менее величественный шпиль колокольни высотой 60 м. Объект был выбран, в том числе, как один из наиболее значимых и почитаемых в России, обладающий статусом федерального памятника и имеющий перспективы на реставрацию в ближайшее время.

Наряду с уникальным декором, Ново-Никольский собор

обладает сложной конфигурацией. Интерес представляет и история его создания. Так, еще в XV-XVI веках на этом месте был небольшой храм, в котором хранился чудотворный образ Николы Можайского. Затем он вошел составной частью в церковь, воздвигнутую в 1685 г. И уже потом, в начале XIX века, был построен Ново-Никольский собор, сохранившийся до наших дней, включивший в себя кроме указанной церкви остатки башенных ворот Можайского кремля (XIV в.). Эти ворота, находящиеся в настоящее время в подклете собора, являются ценным памятником и единственным уцелевшим от кремля сооружением.

Строительство Ново-Никольского собора с перерывом, вызванным Отечественной войной 1812 г., длилось без малого 14 лет. По мнению многих

исследователей, архитектором собора был А.Н. Бакарев, ученик выдающегося зодчего М.Ф. Казакова. По завершению строительства в соборе были освящены два придела (южный, собственно, Никольский и северный — Скорбященский) на первом уровне и третий придел Спаса Нерукотворного в купольной ротонде, венчавшей собор (утрачена в Великую Отечественную войну 1941–1945 гг.). В Никольском приделе до 1920-х гг. хранилась главная реликвия Можайска — древний (по разным оценкам XIII–XIV вв.) резной образ Николы Можайского, известного по всей Руси и широко почитаемого. В настоящее время этот образ хранится в Третьяковской галерее и считается особо ценным экспонатом ранней православной резной скульптуры.

Центральную ротонду окружали маленькие башенки с ко-

лоннами, завершающиеся куполами с главками, сохранившиеся до наших дней. Окна боковых фасадов и апсид обрамлены богатыми наличниками в псевдоготическом стиле; сверху фасады и апсиды также украшены островерхими кокошниками и крошечными шпилями.

С запада к храму пристроена четырехъярусная колокольня с высоким шпилем. Ее второй ярус обрамлен фронтонами с зубцами, а ярус звона обведен чередующимися островерхими и круглыми арочными проемами. Купол колокольни окружают четыре малых шпиля, а поставленный на купол небольшой ярус под центральным шпилем украшен маленькими фронтонами, повторяющими декор второго яруса. Под куполом колокольни были установлены куранты с двумя циферблатами, выходящими на южную сторону и восточную, обращенную к городу.

В разное время Ново-Никольским собором восхищались многие известные люди, а С.М. Прокудин-Горский (1863–1944) — пионер цветной фотографии в России оставил нам два великолепных фото, позволивших увидеть каким было это сооружение в начале XX века (рис. 1). К сожалению время и произошедшие за 200 лет события не пощадили здание и сейчас оно нуждается в реставрации. В настоящее время Ново-Никольский собор — действующий православный храм, который посещают сотни верующих и страждущих, паломники и туристы. Собор стал своего рода символом и визитной карточкой Можайска.

В сфере цифровой фотографии постоянно улучшается качество снимков, в первую очередь, за счет повышения их разрешающей способности, при этом фотоаппаратура становится компактнее и доступнее для пользователя. При таком быстром развитии фототехники цена на нее снижается. Поэтому для создания трехмерной модели Ново-Никольского собора была выбрана технология геодезических измерений, основанная на применении цифровой фотокамеры и программы *DatuGram3D* (*Datamate*, Израиль). Методика съемки с помощью такой технологии позволяет значительно ускорить производительность работ.

Программа *DatuGram3D* позволяет с помощью обычного цифрового фотоаппарата проводить точные геодезические измерения для создания трехмерных моделей зданий, фасадов, перекрестков, дорог, карьеров и других объектов. Алгоритм программы построен на принципах фотограмметрии. Она имеет интуитивный пользовательский интерфейс и позволяет начать работу без долгого обучения.



Рис. 1  
Фото Ново-Никольского собора, 1911 г.

Основными функциями программы являются:

- автоматическая калибровка камеры;

- автоматическое связывание изображений при помощи гомологических точек и похожих элементов;

- привязка изображений к местной или государственной геодезической сети при помощи контрольных точек;

- маркировка точек на одном изображении, после чего эти же точки будут автоматически найдены на других изображениях;

- автоматическое построение характерных точек поверхностей;

- проецирование чертежей в горизонтальной или вертикальной плоскостях;

- экспорт чертежей в формате DXF и TXT.

Для получения трехмерной модели Ново-Никольского собора было необходимо: провести геодезические измерения опорных точек объекта для дальнейшего трансформирования фотоснимков, подготовить к съемке БПЛА и выполнить калибровку камеры, провести фотосъемку объекта, осуществить контроль точности измерений, экспортировать результаты измерений, выполнить 3D-моделирование объекта с помощью программного обеспечения Datugram3D.

На соборе были выбраны опорные точки, которые можно легко распознать на фотоснимках, для того, чтобы максимально точно отметить их в программе. От точности, с которой будут получены координаты, зависит дальнейшая точность трехмерной модели. Координаты опорных точек измерялись безотражательным электронным тахеометром Sokkia CX-105L с погрешностью измерения углов 5", программное обеспечение которого позволяет оперативно получать резуль-

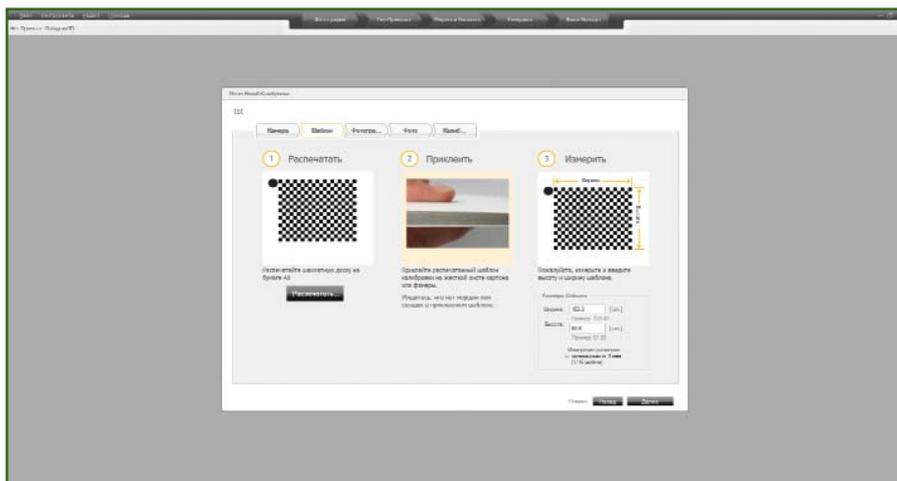


Рис. 2

Модуль для калибровки камеры в программе DatuGram3D

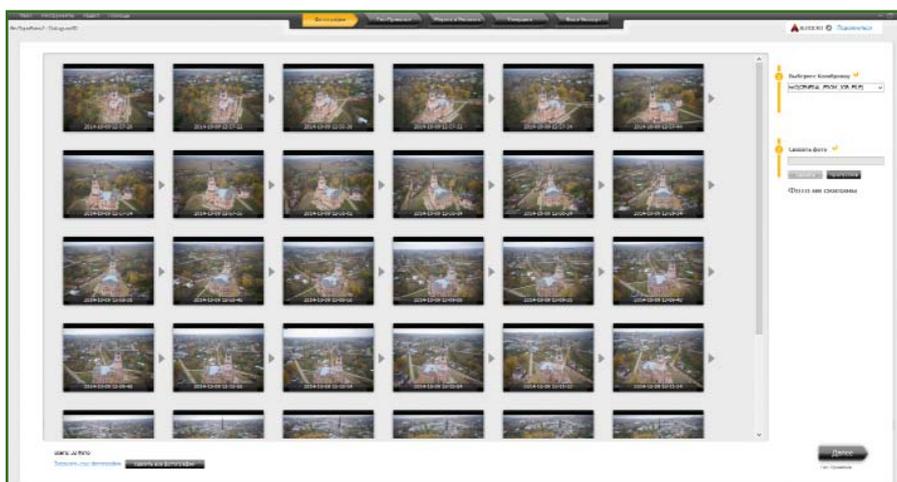


Рис. 3

Полученные фотографии Ново-Никольского собора в программе DatuGram3D

таты измерений, непосредственно находясь на объекте работ. При классической геодезической съемке сложного архитектурного сооружения требуется выполнить около 16 тыс. измерений. На данном объекте было проведено 175 измерений, из которых для построения трехмерной модели выбрали только 72. Избыточное количество опорных точек необходимо для дополнительного контроля и оценки точности построенной модели.

Для фотосъемки использовалась камера Sony A6000 с разрешением 24 Мпикселя и фиксированным фокусным рассто-

янием объектива 16 мм. Калибровка камеры проводилась с помощью модуля, встроенного в программу DatuGram3D (рис. 2). Для этого использовался тест-объект в виде изображения шахматной доски с круглой меткой на плотной бумаге формата А0. С помощью камеры сделали 12 фотоснимков и загрузили их в программу, которая определила ее параметры, необходимые для дальнейших расчетов.

Съемка Ново-Никольского собора проводилась с помощью камеры, закрепленной на шестипалестном мультикоптере во время его полета вок-



Затем в окне «Мерить и Рисовать» проводились измерения и определялись координаты (рис. 6). На любом фотоснимке выбираются интересные нас элементы, и программа автоматически находит их на остальных фотографиях и определяет координаты новых точек. В программе имеется возможность добавлять слои, задавать им цвет и имена, а также подгружать коды условных знаков. Используется также ряд инструментов: точка, полилиния, полигон, сетка, линейка. Точка, полилиния и полигон предназначены для обработки объекта вручную, а сетка — для автоматического получения характерных точек на поверхностях. Каждая новая точка, которую получают на этой вкладке, имеет свои координаты в той же системе координат, в которой были заданы опорные точки.

На этапе «Утвердить» контролировалась точность положения каждой точки в данной модели. При выборе точки из таблицы (рис. 7), программа показывала все фотографии, на которых она была определена автоматически, и проекции этой точки на остальных фотоснимках.

После проделанной работы в окне «Вид и Экспорт» можно было посмотреть получившуюся 3D-модель (рис. 8), оценить точность точек и выполнить экспорт файлов в форматы DXF и TXT.

Ввиду архитектурной сложности Ново-Никольского собора и его неустойчивого положения (возможных смещений земной поверхности под влиянием активных склоновых процессов), выполнение съемки традиционными методами было бы весьма трудоемким с большими затратами по времени. Использование программного обеспечения DatuGram3D оказалось достаточно эффективным решением. Время работ на объек-

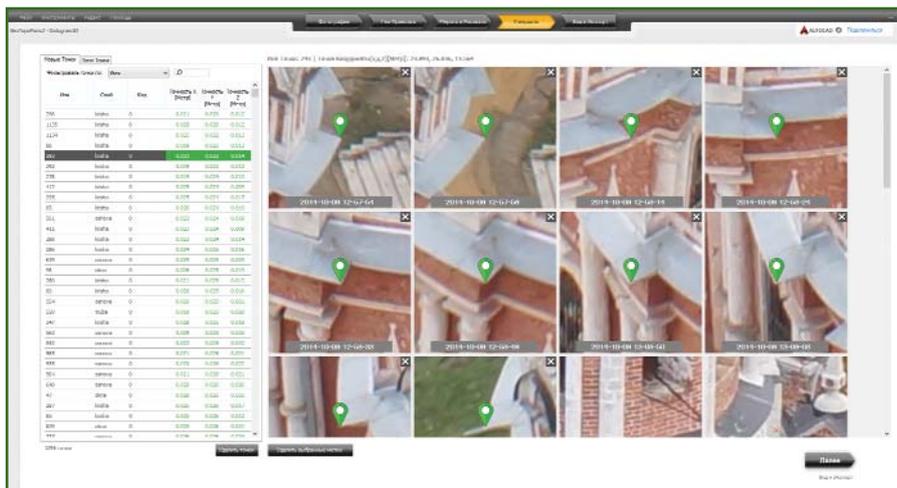


Рис. 7

Этап «Утвердить» в программе DatuGram3D

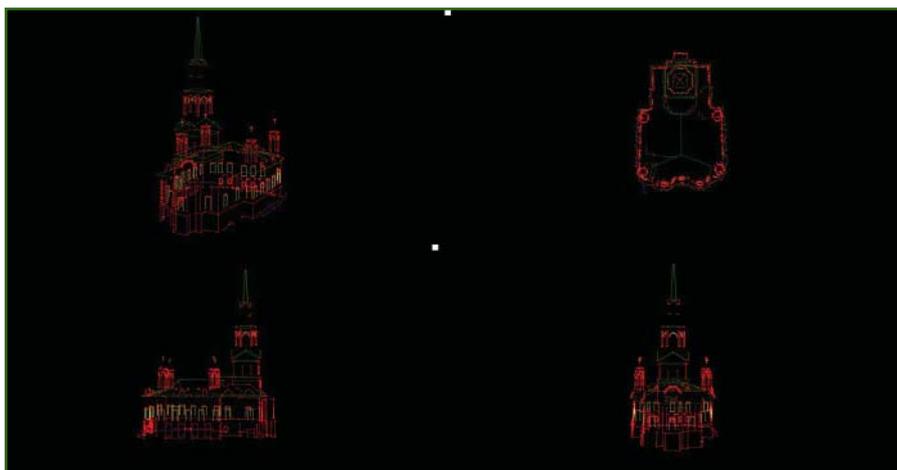


Рис. 8

3D-модель Ново-Никольского собора

те составило около 3 часов. За это время были сделаны фотографии и измерены опорные точки при помощи тахеометра. На создание трехмерной модели данного объекта в офисе было потрачено 4 дня. Средняя квадратическая погрешность определения координат трехмерной модели объекта по контрольным точкам составила 3–4 см. Примечательно, что разработанную методику можно использовать для дальнейших работ не только по фасадной части объекта, но и внутри него.

Данное решение может заинтересовать реставраторов-проектировщиков поскольку оно не

требует больших финансовых затрат на приобретение дорогостоящего оборудования, например трехмерного лазерного сканера, а на создание трехмерной модели сложного в архитектурном отношении сооружения требуется не более 5 дней.

В 2015 г. в соответствии с планами Минкультуры России и Министерства культуры Московской области предусмотрено укрепление фундамента и фасада Ново-Никольского собора, реставрация внешних и внутренних элементов его архитектурного облика. Данная 3D-модель может воссоздать прежний вид сооружения с утраченными элементами декора.