

**«КАМЕНЬ, КОТОРЫЙ Я ПОСТАВИЛ ПАМЯТНИКОМ,
БУДЕТ ДОМОМ БОЖИИМ»:
О МЕТОДИКЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
«РАННЕВИЗАНТИЙСКИЕ ЦЕРКВИ СИРИИ»¹**

**Е. К. БЛОХИН, А. Ю. ВИНОГРАДОВ, Д. Д. ЁЛШИН,
Э. Э. КАЗАКОВ, Н. Ф. СОЛОВЬЕВА²**

Ключевые слова: *Сирия, архитектурная археология, ранневизантийский период, византийская архитектура, цифровая археология, фотограмметрия, базы данных.*

В 2021–2023 гг. коллектив ученых, объединенных Центром спасательной археологии ИИМК РАН, провел масштабные работы по трехмерному документированию и научной фиксации ряда ранневизантийских церквей Ближнего Востока. В ходе реализации проекта были обследованы 19 объектов на территории девяти исторических центров, расположенных на территории Сирийской Арабской Республики. На основании этих данных были созданы трехмерные модели, проведены историографические исследования, выполнены обмерные чертежи, фотофиксация и современные аналитические описания обследованных памятников. Собранные данные публикуются в открытой информационной среде — доступной онлайн геоинформационной системе и базе данных. В настоящей статье представлена применявшаяся авторами методика съемки, обработки и публикации цифровых данных.

DOI: 10.31600/2310-6557-2024-30-35-50

Введение

За последние десять лет развития методики документирования археологическая наука столкнулась с взрывным ростом собираемых данных. Их объем в результате постоянного улучшения качества полевой фиксации достигает небывалого ранее уровня и на первый план выходит такой методический вопрос, как организация инфраструктуры хранения и обмена данными. Одним из направлений решения этой проблемы является разработка подходов к онлайн-публикации собираемых данных и организации открытых (либо ведомственных) цифровых архивов (баз данных), доступных неограниченному кругу пользователей либо отдельным их категориям.

Особенно важной возможностью такой публикации представляется для объектов культурного наследия, находящихся под угрозой гибели вследствие стихийных бедствий, хозяйственного освоения или военных действий. В таких случаях открытая публикация позволяет провести широкий мониторинг и оценку состояния памятника, изучить динамику его состояния и привлечь внимание к его судьбе, а в идеале — выработать меры по его сохранению.

¹ Исследования проводились при финансовой поддержке РФФИ, проект № 21-09-41014.

² Е. К. Блохин, Н. Ф. Соловьева — Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург; А. Ю. Виноградов — Высшая школа экономики, Москва; Д. Д. Ёлшин — Государственный Эрмитаж, Санкт-Петербург; Э. Э. Казаков — независимый исследователь, Россия.

© Блохин Е. К., Виноградов А. Ю., Ёлшин Д. Д., Казаков Э. Э., Соловьева Н. Ф., 2024



Рис. 1. Карта Сирии с указанием обследованных памятников

Fig. 1. Map of Syria showing the location of the studied sites

му пользователю доступна масса различных инструментов трехмерной съемки и средств публикации. Их сложность и необходимый порог входа колеблются от самых простых, таких как встроенный трехмерный лазерный сканер в последних моделях Apple iPhone (Terrati Losè et al. 2022) или сервис Sketchfab (Lloyd 2016) с разработанным интуитивно понятным пользовательским интерфейсом, до требующих специальной инженерной или IT подготовки профессиональных лазерных сканеров, фотограмметрических алгоритмов вроде Colmap (Schönberger 2018) или средств публикации, предполагающих наличие у пользователя навыков разработки или настройки web-сервера (Schütz 2016). Выбор конкретного технического решения должен определяться не столько его доступностью для археолога, сколько целями и задачами конкретного проекта и стратегическим планированием последующей судьбы создаваемого цифрового архива. Бесспорно, потребности документирования археологического ландшафта кардинально отличаются от потребностей сканирования орнаментов архитектурных элементов. Чуть менее очевидно, что различные геометрические свойства снимаемых объектов требуют различных подходов (см., напр., Maalek R., Maalek Sh. 2022). Но во всех этих случаях мы обратимся к совершенно разным инструментам как при съемке, так и при публикации онлайн.

В тесной связи с требованием научной строгости стоит требование *соответствия международной документации*, регулирующей правила работы с объектами культурного наследия. Основные рекомендации ЮНЕСКО и ИКОМОС базируются на довольно общих рамочных документах: Венецианской хартии 1964 г. и Конвенции ЮНЕСКО 1972 г. Однако за последние годы появились два специальных документа, посвященных использованию цифровых методов при документировании наследия, — Лондонская хартия

В 2021–2023 гг. междисциплинарная команда исследователей, созданная на базе Центра спасательной археологии ИИМК РАН, при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Императорского палестинского православного общества провела работы по трехмерной съемке ряда ранневизантийских церквей на территории Сирийской Арабской Республики (рис. 1). Угрозы существованию древней архитектуры этой страны до сих пор актуальны, а доступность памятников для исследователей все еще чрезвычайно ограничена. Поэтому представляется важным обсудить методики и подходы к съемке и публикации памятников архитектурной археологии, разработанные в ходе реализации этого проекта.

Существующие практики разработки онтологий и инфраструктур хранения и обмена данными ставят перед исследователями ряд разнообразных проблем как общетеоретического, так и практического характера. Их решение стало важным условием реализации данного грантового проекта.

Прежде всего, это соблюдение *научной строгости* при документировании и публикации (Statham 2019). Современ-

(The London Charter 2009) и основанные на ней Севильские принципы (The Seville Principles 2017). Общий обзор существующих международных требований с 1931 по 2017 г. опубликован (Statham, 2019), здесь же отметим важнейшие специфические принципы, существенные для виртуальных архивов, такие как прозрачность, детальность документации и разнообразие используемых медиа, выбор технологий в соответствии с целями работы, важность указания степеней достоверности и использования альтернативных гипотез. В целом, эти принципы нацелены на более высокую достоверность и научность хранимых данных, а также на заботу о пользователях (в том числе непрофессиональных) с целью снизить вероятность неверной интерпретации данных в условиях потенциально высочайшего реализма цифровых объектов. А это значит, что выбранные исследователями инструменты должны открывать возможность соответствия указанным принципам и позволять вплотную их в непосредственном виртуальном продукте.

Один из важнейших принципов, закрепленных в международном праве относительно цифровой документации объектов культурного наследия, — *контекстуализация* фиксируемых памятников. Принцип этот не менее значим и для научной жизни памятника. Для верной интерпретации объекта необходим и пространственный, и исторический контекст. Если пространственное окружение достаточно просто воплощается геоинформационными методами (возможностью показать размещение объекта в реальных географических координатах и его естественном окружении, например, при помощи спутниковой съемки), то исторический контекст требует построения более сложной информационной инфраструктуры путем интеграции в трехмерную модель исторических документов, фотосъемки, археологических данных, результатов исследовательского труда ученых.

Вся эта работа по выстраиванию контекста возможна при наличии инструментов *кураторского вмешательства* в трехмерный образ памятника. Добавление разнообразных медиа к обмерной трехмерной модели — программно сложный подход, который требует использования сложных пользовательских интерфейсов, либо имеющихся на рынке, либо разрабатываемых проектными командами с нуля. Однако без наличия такой возможности публикация обмерных данных в значительной мере теряет информативность и доступность для исследователя или рядового пользователя.

Кроме того, от пользовательского интерфейса требуется наличие непосредственно *исследовательских инструментов*. Ценность публикации, которой можно только любоваться, но нельзя использовать в качестве источника, видится нам предельно низкой. Следовательно, возможность проводить измерения (углов, высот, расстояний, площадей и объемов), делать разрезы и профили, выставлять конкретные виды, моделировать освещенность и позицию наблюдателя — это важнейшие требования к используемому инструменту публикации (а также, соответственно, сканированию и обработке данных).

Наконец, соответствие *принципам FAIR* (Wilkinson et al. 2016) — одно из ключевых требований ко всем современным научным данным — полностью применимо и к цифровым данным в археологии и охране культурного наследия. Возможность свободно находить, получать, совмещать и переиспользовать данные лежит в основе любого научного процесса. В нашем случае это означает, что применяемые инструменты съемки, обработки и публикации должны обеспечивать создание и скачивание данных в общедоступных форматах. Эти данные должны быть непосредственно понятны специалистам (то есть их можно получить и сразу начать с ними работать), они должны быть открыты (доступны для загрузки) и легко находимы, то есть инфраструктура хранения подразумевает быструю индексацию международными поисковыми системами и интуитивно понятный для человека путь доступа к ним. Сюда же относятся такие требования к доступности, как быстрая скорость загрузки (по возможности данные должны открываться максимально быстро и не предъявлять повышенные требования к аппаратным средствам пользователя) и понятность рабочего интерфейса. Со стороны разработки важно, чтобы используемые инструменты были в своей основе понятны всем членам проектной команды, не требовали

исключительно высоких профессиональных компетенций и позволяли управлять данными без привлечения отдельно нанятых узких специалистов.

Применение вышеперечисленных принципов при работе с сирийскими памятниками ранневизантийского времени видится авторам важнейшей задачей как методического, так и чисто практического характера.

Как показывают периодические наблюдения за церквями ранневизантийского периода на территории современной Сирии начиная со времени их первой научной фиксации в XVIII или XIX в., эти сооружения находятся в состоянии постоянного разрушения. Этот процесс стал значительно интенсивнее в последние десятилетия, когда порой буквально вокруг памятников велись военные действия, в большинстве случаев опасность разрушения не исчезает и после их окончания. Попытки экономического возрождения территорий часто приводят к появлению новых угроз для древних памятников, а на ряде объектов, до сих пор функционирующих как культовые здания, начали проводить неконтролируемые ремонтные работы, приводящие к утрате аутентичного облика храмов. Такая активность местных жителей была зафиксирована нами, например, на мартирии VI в. в Шакре, где местная община провела неконтролируемый ремонт крыши и купола здания, а также полностью заштукатурила интерьеры церкви.

При этом научное документирование этих памятников проводилось спорадически и почти никогда не было полноценным. Для большей их части до сих пор актуальными считаются данные обмеров конца XIX — начала XX в.

Публикация, особенно трехмерная онлайн, с соблюдением всех описанных выше принципов — это, во-первых, возможность ввести в научный оборот новый исторический источник, потребность в котором в кругу исследователей византийской архитектуры несомненно высока, во-вторых — шанс зафиксировать современное состояние памятников и отследить его динамику на протяжении последних столетий, а также ближайшего будущего.

Методы

Памятники, ставшие объектами наших работ, расположены на территории Сирийской Арабской Республики, в разных географических и культурно-исторических регионах: от Алеппо на севере до Южного Хуарана на юге и от плодородной долины Оронта на западе до центра Сирийской пустыни на востоке. Всего за три года работ было обследовано 19 церквей, возведенных в ранневизантийский период — V–VII вв. н. э. Краткую архитектурно-археологическую характеристику этих памятников мы уже публиковали ранее (Блохин и др. 2023), здесь же ограничимся обсуждением особенностей, влияющих на методику трехмерной съемки и публикации.

Большая часть памятников расположена на открытой местности и хорошо доступна для съемки фасадов и интерьера. Единственным печальным исключением является медресе Халавия, плотно интегрированное в городскую ткань средневекового города и сильно пострадавшее от военных действий.

Практически на всех памятниках было возможно провести неограниченные работы по аэрофотосъемке, однако порой исследователи оказывались стеснены обстоятельствами, косвенно влияющими на качество получаемых материалов. Так, базилика в Буркуше расположена на территории действующей воинской части, и разрешение на съемку было получено лишь после продолжительных переговоров и на очень ограниченное время. Работы по аэрофотосъемке четырех открытых раскопками церквей в Пальмире проводились при постоянном согласовании с графиком работы систем радиоэлектронной борьбы (РЭБ) ввиду постоянной военной угрозы с воздуха. К сожалению, работа неидентифицированной РЭБ в окрестностях Апаimei на Оронте привела к потере БПЛА экспедиции и невозможности закончить обзорную съемку всей территории древнего города, хотя контекст расположения ранневизантийских церквей был качественно зафиксирован несмотря на эту утрату.

Многие из обследованных церквей в настоящее время существуют в виде так или иначе археологизированных остатков. Однако некоторые памятники продолжают использоваться или в перестроенном виде (например, медресе Халавия, функционировавшее до войны в качестве религиозной школы), или непосредственно в качестве христианских культовых объектов. В двух случаях это привело к ограничению съемки в интерьерах: в Эзре в церкви Св. Георгия не был зафиксирован интерьер в алтарной части постройки, а в церкви Св. Ильи пришлось ограничиться съемкой фасадов. Действующий мартирий в Шакре в момент съемки находился в состоянии ремонта, что, впрочем, не мешало нашим работам.

В качестве базового метода документирования памятников и их окружения нами был избран метод цифровой фотограмметрии (SfM, Structure from Motion), широко применяемый в археологии и области охраны культурного наследия в последние десятилетия. Столь сложные объекты требуют структурного подхода в организации съемки. В работе мы использовали три уровня фиксации: 1) общая съемка всей территории, непосредственно примыкающей к обследуемому объекту, — для визуализации и анализа географического и топографического контекста памятника; 2) непосредственно съемка архитектурного объекта — для фиксации особенностей кладок, перестроек и нарушений целостности объекта; 3) съемка архитектурных деталей — для подробной фиксации элементов орнамента, структурных элементов и повреждений, возникших при разрушении (падении) деталей (рис. 2).

Перед началом съемки на каждом памятнике создавалась сеть реперов, полученных методами дифференциальных GNSS-наблюдений, от которых далее развивалась съемочная сеть с помощью тахеометра Leica TS07 5". Получаемые географические координаты переводились в метрическую систему — WGS 84 UTM 37N (в одном случае, на границе Сирии и Ливана, памятник — базилика в Буркуше — находился в зоне UTM 36N). Использование мировой системы координат, независимой от национальных геодезических стандартов, кажется нам очень важным при работе на памятниках, исследуемых международными командами ученых, и поможет сохранить преемственность между данными в будущем.

При общей съемке мы использовали БПЛА промышленного уровня, позволяющие охватить широкие площади без потери детализации: Геоскан Gemini с камерой Sony UMC-R10C и DJI Matrice 300 с камерами DJI Zenmuse H20T или DJI Zenmuse L1. Геодезическая привязка осуществлялась методами RTK, путем получения поправок от базовой станции, установленной на заранее подготовленной известной точке. Для контроля точности геопозиционирования и качества итоговых данных использовалась сеть расставленных на земле контрольных точек. На этом уровне съемка проводилась так, чтобы охватить максимально широкий контекст; целью съемки было получение общей опорной модели и ортофотоплана, которые можно было бы использовать для более полного понимания положения изучаемого памятника в пространстве. Для съемки первого уровня не использовались наземные фотоснимки, а реконструкция вертикальных элементов архитектуры выполнялась только на основании аэрофотоснимков, сделанных под углом в 45°. Получаемое таким образом качество модели было признано нами достаточным для обзорных данных.

В съемке второго уровня — то есть непосредственно архитектурного памятника — применялась комбинация аэрофотосъемки с БПЛА любительского уровня DJI Mavic 2 Pro (в некоторых случаях DJI Mavic 3) и наземной съемки полнокадровым фотоаппаратом Canon 5D Mark III с объективами EF 17-40, EF 16-35 и EF 24 L2. Геопривязка осуществлялась через координированные контрольные точки, расположенные по периметру снимаемых объектов и на их площади.

При съемке третьего уровня — архитектурных деталей, фиксируемых на памятниках в лапидариях либо *in situ* в составе кладок, — применялся тот же фотоаппарат Canon 5D Mark III с объективами EF 24 L2 или EF 50 1:1/4, либо в некоторых случаях (при недостаточной освещенности и невозможности использовать кольцевой импульсный осветитель) — сканирование структурированной подсветкой при помощи сканера



Рис. 2. Съёмка памятников Сирии сотрудниками ИИМК РАН: 1 — Ю. В. Румянцев проводит съёмку храма А в Дейр эс-Салиб; 2 — М. М. Городилов ведёт геодезические работы в Медресе Халавие, Алеппо; 3 — Ю. В. Румянцев проводит аэрофотосъёмку в цитадели Алеппо; 4 — Е. К. Блохин готовит квадрокоптер Matrice 300 к работе на церкви Св. Георгия в Эзре

Fig. 2. Surveying of Syrian sites by the IHMC RAS officers: 1 — Yu. V. Rumyantsev surveying a temple at Deir-es-Salib; 2 — M. M. Gorodilov carrying out geodetic works at Al-Halawiyah Madrasa, Aleppo; 3 — Yu. V. Rumyantsev aerosurveying the citadel of Aleppo; 4 — E. K. Blokhin sets up quadcopter Matrice 300 to start surveying St. George Church at Ezra

Artec Eva 3D. Масштабирование снимаемых деталей осуществлялось с помощью карманного масштаба с цветовой палитрой и архитектурной складной линейки.

Для построения трехмерных моделей использовались наиболее популярные на рынке и проверенные опытом многочисленных исследователей приложения: Agisoft Metashape группы компаний Геоскан, RealityCapture компании Capturing Reality и open source алгоритм COLMAP. Основные операции производились в Metashape — наиболее популярной в археологической среде программе для фотограмметрического построения трехмерных моделей. Простой интерфейс, понятный рабочий процесс и удобные инструменты геодезического позиционирования, а также возможности экспорта необходимых исследователям данных давно обеспечили ей лидерство на рынке. При работе с архитектурными деталями предпочтение зачастую отдавалось Reality Capture, алгоритм которой более приспособлен для создания четких граней и лучше передает детали рельефного орнамента. В некоторых сложных случаях для более качественного выравнивания фотографий использовалась комбинация открытого программного обеспечения COLMAP и программных средств Agisoft Metashape.

Полученные таким образом модели становились комплексным археологическим и историческим источником. На основании построенных по этим моделям ортофотопланов изготавливались обмерные чертежи памятников, прорисовки орнаментов и архитектурных деталей, создавались и дополнялись архитектурно-исторические описания объектов. Весь этот комплекс данных необходимо было опубликовать и сделать доступным для исследователей. В качестве наиболее удобного средства публикации мы избрали подход, связанный с разработкой информационной системы, уже примененной нами на сирийских памятниках ранее (Соловьева и др. 2019). Для хранения всех материалов выбрана комбинированная архитектура: все метаданные и тексты хранятся в реляционной системе управления базами данных (СУБД), а файлы трехмерных моделей, фотографии и чертежи — в файловой системе, с описанием и ссылками на файлы в реляционной СУБД. Табличная часть базы данных состоит из 26 связанных таблиц (рис. 3): девяти для описания сущностей и семнадцати служебных. Предварительно все документируемые объекты были распределены по трем иерархическим уровням, отраженным в первых четырех таблицах. На первом уровне представлен «Памятник» (таблица “Sites” в СУБД). Под памятником мы подразумеваем всю территорию, окружающую снимаемую церковь, включающую все материальные следы жизнедеятельности людей, связанных с этой церковью, и ее ближайшее архитектурное окружение. Обычно это довольно значительная территория (именно она снималась промышленными БПЛА), совпадающая с площадями съемки первого уровня, описанными выше. Второй уровень — непосредственно архитектурные объекты на территории памятника — отражен в таблицах “Churches” и “Buildings” и включает сами храмы и все связанные с ними постройки (мавзолеи, производственные комплексы на монастырских территориях, дворец и казармы в Каср ибн Вардане и т. п.). Этот объем данных совпадает с фотограмметрической съемкой второго уровня. Наконец, третий уровень — элементы зданий, архитектурные детали и орнаменты — совпадает с фотограмметрическими данными съемки третьего уровня и хранится в таблице “Details” (детали). Еще пять таблиц служат для структурирования сущностей, хранящихся в файловой системе: трехмерных моделей (“Threedims_models”); аннотаций ссылок к трехмерным моделям (“Threedims_models_annotations”); предустановленных ракурсов видов на трехмерные модели (“Threedims_models_cameras”); видовых фотографий памятников и их деталей, сделанных исследователями в разное время (“Photos”); выполненных нашей командой чертежей в форматах dwg и pdf (“Drawings”). Еще 17 таблиц СУБД являются служебными (связующими) и выполняют вспомогательные функции.

Пользовательская часть информационной системы представляет собой связный интерфейс, отображающий все описанные сущности (памятники, церкви, сооружения,

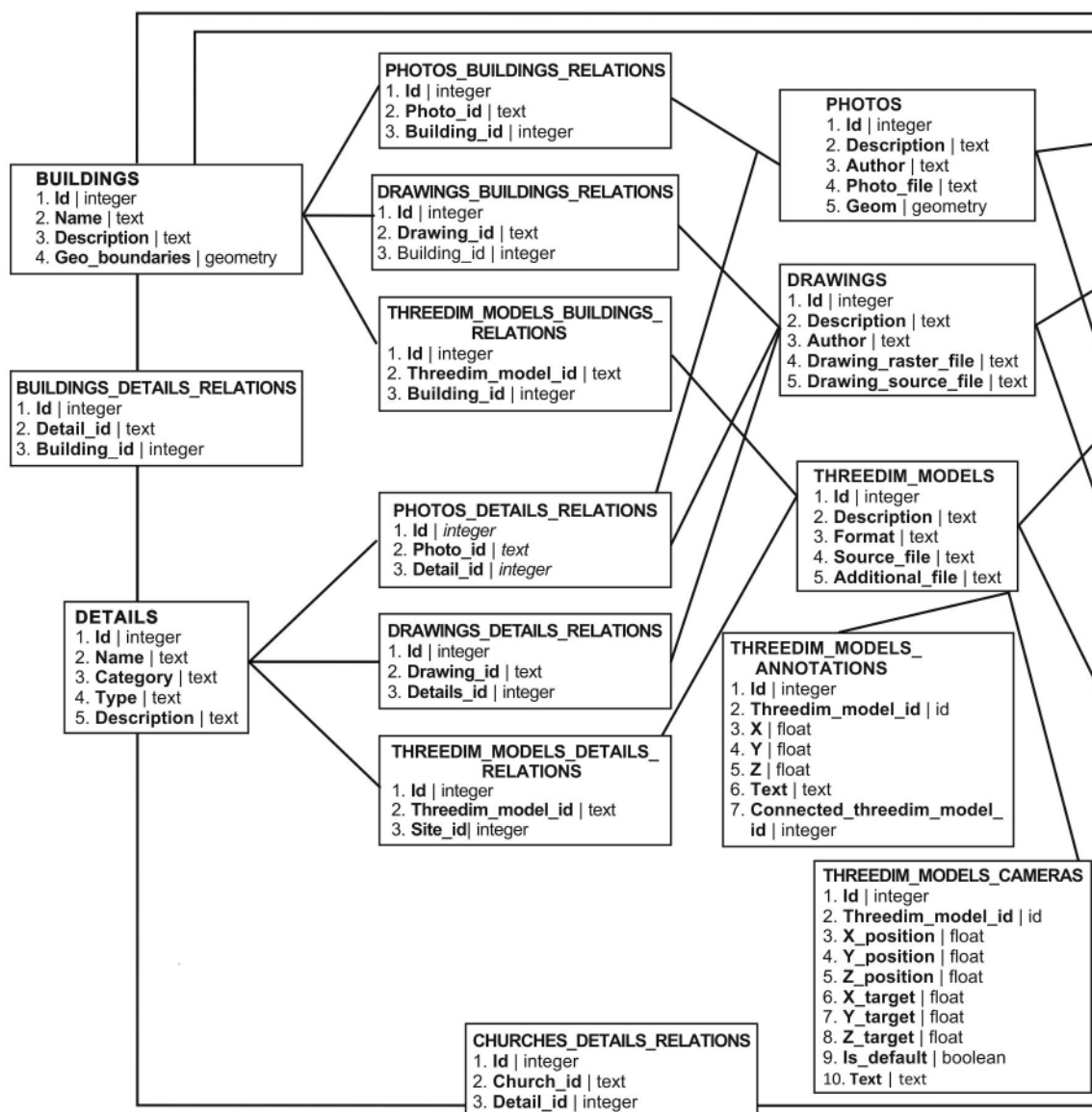
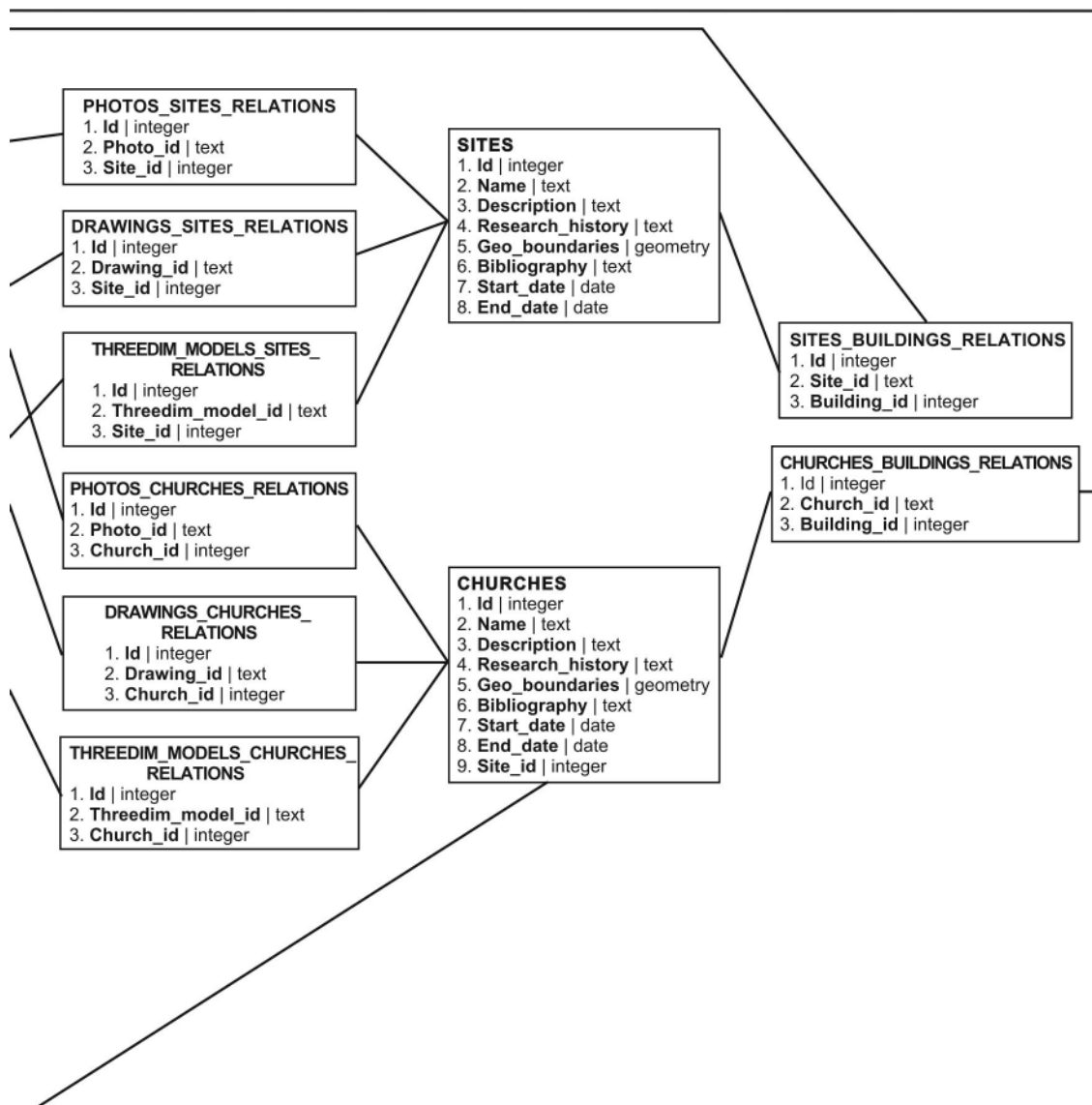


Рис. 3. Схема базы данных

Fig. 3. Database scheme

детали, трехмерные модели, фотографии, чертежи) и связи между ними. В качестве основы графического интерфейса используется геопространственное отображение данных на основе технологии Cesium JS. Все документированные памятники выводятся в виде полигонов и иконок на картографическую основу и снабжаются аннотациями, позволяющими перейти по гиперссылке к странице с описанием самого памятника. Для отображения трехмерных моделей в интернет-браузерах используются технологии Potree и 3DНОР (рис. 4). Potree позволяет эффективно отображать облака из сотен миллионов точек и в проекте используется для трехмерных моделей крупных объектов — территорий памятников, церквей и сопутствующих сооружений (Schütz, 2016). 3DНОР используется для подробного отображения отдельных архитектурных деталей, элементов зданий, орнаментов в виде твердотельных моделей с возможностью управления светом (Potenziani et al. 2015).

Технологически информационная система построена как программный интерфейс (API), предоставляющий доступ к данным СУБД и связанным с ними файловым



материалам посредством запросов по протоколу HTTP. С его помощью можно не только запрашивать графическую веб-страницу с построением трехмерных моделей по данным СУБД (основная функциональность пользовательской части), но и получать списки объектов со всеми метаданными в машиночитаемом формате, что открывает широкие возможности интеграции с внешними информационными системами. Так, при необходимости можно использовать трехмерные модели и их описания во внешних каталогах, а также отправлять ссылку на модель конкретного объекта.

В основе информационной системы лежат следующие технологии:

1) операционная система Ubuntu 18.04.5 LTS, веб-сервер nginx в качестве инфраструктурной основы;

2) система управления базами данных PostgreSQL 13.3 с расширением для работы с пространственными данными PostGIS 3.1.2 (в ней хранятся все параметры и метаданные объектов и ссылки на связанные с ними файлы на сервере);



Рис. 4. Примеры визуализации: 1 — трехмерной модели в виде облака точек в среде potree в браузере; 2 — полигональной трехмерной модели в среде 3DHOP

Fig. 4. Examples of visualising: 1 — 3D model in the form of a point cloud in the potree environment; 2 — polygonal 3D model, 3DHOP environment

3) серверное приложение на основе Python, Flask, SQLAlchemy, GeoAlchemy, с его помощью опубликован программный интерфейс, который принимает входящие запросы от внешних приложений, получает данные из СУБД и формирует ответ в машиночитаемом виде либо в виде отрисованной веб-страницы (например, с трехмерной моделью);

4) фреймворки Leaflet (для отрисовки двумерных карт на веб-страницах), Cesium (для отрисовки трехмерных карт на веб-страницах), Potree (для отрисовки облаков точек на веб-страницах), 3DHOP (для отрисовки детализованных трехмерных моделей на веб-страницах).

Результаты

В ходе полевого и камерального этапов проекта наш коллектив провел работы на 19 архитектурных или архитектурно-археологических объектах, расположенных в девяти исторических центрах на территории современной Сирии. Для каждой церкви были созданы детальные геопривязанные трехмерные модели.

Медресе Халавия — комплекс разновременных построек в сердце старого Алеппо, включающий в себя перестроенные остатки церкви времени Юстиниана I (вероятно, церковь Св. Елены в составе разрушенного комплекса ранневизантийского собора Алеппо) — занимает в нашем списке памятников уникальное положение, поскольку находится в тесном окружении зданий и улиц средневекового города и плотно вплетен в его ткань. Постройки самого медресе и расположенные рядом здания сильно пострадали в ходе так называемой битвы за Алеппо в 2015–2016 гг. и до настоящего времени не восстановлены. Геодезические и фотоработы на многих участках невозможны из-за нагромождений мусора, висящих стен и балок (рис. 5). При этом непосредственно византийская постройка достаточно свободна от завалов, несмотря на значительное разрушение западной конхи. В этих условиях было важно вписать сохранившиеся части сооружения в контекст более поздних перестроек и показать его положение в структуре окружающей застройки. Детальная высокоточная трехмерная съемка здесь интегрирована в общую обзорную фиксацию участка городского квартала, которая выполнена широкоугольной камерой в съемочном комплексе DJI Zenmuse H20T, установленном на борту БПЛА DJI Matrice 300. Проводилась эта съемка по методикам, описанным выше, с комбинацией Mavic 2 Pro (съемка фасада) и полноматричной камеры (съемка интерьера). Полученное в результате плотное облако достигает 543 млн точек. Непосредственно модель остатков храма состоит из 530 млн точек.

На территории *Апамей на Оронте* (столицы региона Апамены при Селевкидах, а позднее византийской провинции Сирия Секунда, где находилась архиепископская кафедра —



Рис. 5. Алеппо, состояние городской застройки, окружающей медресе Халавие. Видны служебные помещения религиозной школы и часть двора комплекса

Fig. 5. Aleppo, the area around Al-Halawiyah Madrasa. The working premises of the religious school and a part of its yard are visible

важный центр Церкви Востока) работы проведены на трех археологически исследованных церквях неизвестного посвящения, условно называемых в литературе Церковь с атриумом, Ротонда и Восточный собор. При этом БПЛА Геоскан Gemini была снята большая часть территории древнего города. Церковь Ротонда представляет собой полностью археологизированный памятник, сохранившийся только в плане. Остатки стен (не более трех уровней кладки в высоту) сохранились лишь в отдельных местах. Вся необходимая для создания модели информация была получена при помощи Mavic 2 Pro и в отдельных местах дополнена наземной съемкой. Церковь с атриумом также сохранилась в археологизированном виде: высота кладок стен не превышает 1,0–1,2 м. Для точной передачи устройства кладок и отдельных деталей памятника применялась комбинированная воздушная и наземная съемка. Восточный собор, несмотря на то что исследован археологически, сохранился в отдельных элементах на высоту более 2,5 м. Четкому выявлению плана памятника в настоящий момент мешают проведенные в центральной части храма грабительские раскопки (вероятно, с помощью тяжелой техники), отвалы которых закрывают часть конструкций. Комбинированной наземной и воздушной съемкой здесь зафиксировано состояние памятника и устройство отдельных его элементов.

В деревне *Дейр эс-Салиб* вблизи города Масияф расположены два, вероятно, монастырских комплекса с храмами неизвестного посвящения. Храм А неплохой сохранности: на месте стоят стены основного тела базилики с аркадами окон высотой до 5,5 м, полностью сохранившаяся апсида с конхой высотой около 10,5 м и юго-западный столп внешней стены нартекса высотой около 11 м. На территории вокруг храма А (почти квадратной, со стороной около 320 м) фиксируются мавзолей у юго-западного угла ограды храма, комплекс хозяйственных построек к северо-востоку от церкви — маслодавильный пресс, остатки поилок для скота, следы каменных кладок. От храма Б сохранились стены на высоту в среднем до 1,5 м, лишь остатки апсиды достигают в высоту 3 м (шесть рядов кладки). Эта небольшая постройка размерами 25 × 16 м внутри и по периметру завалена обломками рухнувших блоков стен и сильно заросла кустарником, что создает некоторые проблемы при съемке. К северо-востоку от храма находятся остатки хозяйственных сооружений — маслодавильня с прессом и открытая цистерна — контур бассейна размером 20 × 10 м. В Дейр эс-Салибе для обоих храмов съемка общей территории выполнена БПЛА Геоскан Gemini, детальная съемка зданий сделана описанным выше комбинированным способом. Полученные модели церковей состоят из 650 млн точек (храм А) и 500 млн точек (храм Б).

Каср-ибн-Вардан — монументальный комплекс византийских военно-административных построек, возведенный в конце правления императора Юстиниана I. Территория комплекса составляет примерно 230 × 230 м, в северной части расположены дворец и небольшая церковь, в юго-восточном углу — казармы, ныне полностью разрушенные. Церковь в значительной степени сохранилась: целиком на своем месте находится одна большая подпружная арка и второй ярус северного нефа. Общая территория была снята с БПЛА Геоскан Gemini, фасады и интерьеры церкви и дворца — методом комбинированной наземной и воздушной съемки. Модели многочисленных разложенных в интерьерах церкви и во дворе дворца архитектурных деталей были выполнены с использованием фотограмметрии и сканирования со структурированной подсветкой.

Буркуш — монастырский комплекс с необычным храмом, возведенным на субструкциях римского святилища. Поблизости от базилики расположен вырубленный в скале производственный комплекс со следами устройства мельницы или маслодавильни и помещениями для хранения. Между этим объектом и церковью — следы фундаментов и сохранившиеся остатки построек, частично сложенных из камня, частично вырубленных в скале. Общая съемка памятника выполнена с помощью БПЛА Mavic 2 Pro, базилика дополнительно снята на полнокадровую камеру с земли. Модель общей площади памятника состоит из 1,2 млрд точек.

Шакра — древнее селение в Юго-Западной Сирии — в настоящее время застроена новыми домами, сложенными из камней древних построек. Здесь сохранились две ранневизантийские церкви и связанный с ними мавзолей башенного типа. Самая крупная из них, вероятно мавзолей, до сих пор используется как церковь. Во время работы нашей экспедиции в нем проводились работы: местные жители штукатурили интерьеры и перемещали леса на крыше. Дополнительно съемка фасадов затруднялась многочисленными пристройками с южной стороны. Тем не менее храм был полностью зафиксирован комбинированной съемкой с воздуха и земли. Вторая церковь — базилика Св. Романа — заброшена, но почти полностью сохранилась, хотя частично в археологизированном виде. Модель интерьера получена наземной съемкой полнокадровой камерой, видимых частей фасада — воздушной съемкой.

Эзра — древний город в Юго-Западной Сирии, в 5 км южнее Шакры. Здесь также сохранились два ранневизантийских храма. Храм Св. Георгия — старейший действующий храм Сирии (по этой причине была затруднена съемка в алтарной части). Храм Св. Ильи, зафиксированный экспедицией Н. П. Кондакова 1892 г. в полуразрушенном состоянии, в настоящее время также функционирует, что, к сожалению, сделало невозможной съемку его интерьера.

Босра — столица римской провинции Аравия и центр митрополии в византийское время. В настоящее время здесь известны две церкви ранневизантийского периода: большая церковь Свв. Сергия, Вакха и Леонтия, ранее считавшаяся собором, и открытый французскими археологами «Новый собор», построенный на месте набатейского храма. Прежде всего здесь с использованием широкоугольной камеры DJI Zenmuse H20T на БПЛА Matrice 300 была создана модель территории центральной части древней Босры, затем комбинированным методом отсняты обе церкви и два византийских здания, претендующих в литературе на роль епископского дворца.

Пальмира — древний город в Сирийской пустыне, важный пункт караванной торговли, опорный пункт римского влияния на востоке Сирии, а в III в. н. э. — центр независимого Пальмирского царства. Здесь известен квартал ранних церквей, расположенный в северо-западной части римского города. Все церкви исследованы археологически, сохранились только в виде планов. Весь квартал снят на широкоугольную камеру DJI Zenmuse H20T, установленную на БПЛА Matrice 300, каждый храм зафиксирован комбинированным методом.

Дискуссия

Проблема накопления, хранения и распространения информации, подобной описанным выше моделям сирийских храмов, не исчерпывается вопросами «как организовать структуру папок на диске» или «как лучше передать трехмерную модель раскопа коллеге — экспортировав ее в один из доступных в программном обеспечении форматов или скопировав весь проект, в котором она создавалась». Объемы и структурная сложность этих данных делают практически бессмысленным хранение такой информации «в папке». Качественно сделанная трехмерная модель по сути является «цифровым двойником» исследуемого объекта, то есть самостоятельным историческим и археологическим источником. Работа с ним предполагает обязательные усилия междисциплинарного коллектива специалистов, где разные точки зрения или возможности разных исследовательских позиций взаимно дополняют и обогащают друг друга. Бесшовный и быстрый обмен данными становится в такой ситуации практически обязательным требованием, а возможность простого включения в исследовательскую команду новых специалистов — важным дополнительным бонусом. Опыт, накопленный нами за время реализации проектов по съемке сирийских древностей (включая, но не ограничиваясь описанной здесь работой с ранневизантийскими церквями), убеждает, что наиболее эффективным подходом к обмену данными будет открытая публикация полученных материалов в Интернете.

Наш опыт подкрепляется и подтверждается исследованиями и практической реализацией крупномасштабных общеевропейских проектов создания археологической инфраструктуры обмена данными и исследовательскими инструментами. Самый крупный и успешный из этих проектов — ARIADNE и все связанные с ним инициативы (Richards 2012; Aspöck 2019; Richards, Niccolucci 2019; Vassallo et al. 2023). Портал, объединяющий средства публикации разнородных данных и разнообразные исследовательские инструменты, за 12 лет своего развития наглядно продемонстрировал возможности, открывающиеся перед исследователями, использующими подобные средства быстрого обмена и интеграции данных. И если в итоговых сборниках статей, изданных в рамках проекта, идет дискуссия скорее о возможностях и преимуществах национальных систем архивирования цифровых данных (национальных археологических ГИС — см. статьи об австрийском, венгерском, итальянском, норвежском, португальском и французском проектах в работе: Richards, Niccolucci 2019), объединенных общими стандартами, то анализ работ, использующих инфраструктуру и инструменты ARIADNE, удивляет своей широтой: от баз данных по исследованию погребального обряда (Aspöck 2022) до открытой публикации данных радиоуглеродного датирования и их практического применения в исследованиях (Katsianis et al. 2020).

В отечественном археологическом научном пространстве пока нет опыта создания больших инфраструктурных проектов, основанных на открытых данных. Представляется, что потребность в подобных зонтичных порталах должна родиться из объема накапливаемой исследователями информации (Hawkins 2022). В связи с этим особенно важной видится публикация собираемых цифровых материалов в виде открытых баз данных, основанных на единых принципах. Примеры разработки таких решений были уже опубликованы ранее (Devlet et al. 2018; Пермяков и др. 2023). Обсуждаемый здесь проект является именно такой инициативой.

Заключение

Проведенные авторами в 2021–2023 гг. работы по документированию ранневизантийских церквей охватывают 19 архитектурно-археологических объектов в девяти исторических центрах современной Сирии.

В ходе этих работ были собраны разнообразные данные об архитектуре, археологии, истории изучения этих памятников. Сейчас эти данные публикуются онлайн в виде открытой информационной системы, включающей трехмерные модели, историографические исследования, обмерные чертежи, фотофиксацию и современные аналитические описания памятников.

Ранее мы уже обсуждали значение проведенных работ для уточнения наших знаний о путях развития византийской архитектуры (Блохин и др. 2023). Основная цель этой статьи — представить разработанную нами методику работ по цифровому документированию архитектурно-археологического памятника и показать значение такого рода работ и их своевременной открытой публикации для развития археологического знания в целом. Опубликованная информационная среда — это еще один цифровой архив археологических данных, и его появление видится авторам важным шагом на пути к созданию национальных археологических инфраструктур обмена данными.

Одновременно представленный проект, безусловно, является способом привлечения внимания к культурному наследию Сирии и, шире, — к судьбе мирового культурного наследия, находящегося под угрозой. Трехмерные модели, опубликованные в доступном не только ученым интерфейсе, — хороший способ представить максимально широкому кругу пользователей уникальное достояние человечества. Особый интерес такая публикация может представлять для соотечественников, учитывая значение византийского наследия для появления и развития древнерусской архитектуры.

Литература

- Блохин и др. 2023 — Блохин Е. К., Виноградов А. Ю., Ёлшин Д. Д., Соловьева Н. Ф. Спасение раннехристианских храмов Сирии // АВ. 2023. Вып. 40. С. 274–297.
- Пермяков и др. 2023 — Пермяков В. А., Пиков Н. О., Гук Д. Ю. Разработка веб-приложения для визуализации 3d-моделей археологических объектов // Коробкова О. Н. и др. (ред.). Вопросы системного технологического перехода 2021–2022: Сб. науч. тр. по материалам конф. «Технологическая перспектива: новые рынки и точки экономического роста». СПб.: Астерион, 2023. Т. 1. С. 186–191.
- Соловьева и др. 2019 — Соловьева Н. Ф., Соловьев С. Л., Блохин Е. К., Казаков Э. Э. Пальмира во времени и пространстве // Виноградов Ю. А., Васильев С. А., Степанова К. Н. (отв. ред.). Прошлое человечества в трудах петербургских археологов на рубеже тысячелетий (к 100-летию создания российской академической археологии). СПб.: Петербургское Востоковедение, 2019. С. 271–288.
- Aspöck 2019 — Aspöck E. Moving towards an Open Archaeology: Projects, Opportunities and Challenges // Mitteilungen Der Vereinigung Österreichischer Bibliothekarinnen Und Bibliothekare. 2019. 72 (2). S. 538–554.
- Aspöck 2022 — Aspöck E. Integrating Data on Early Medieval Graves: Mapping the THANADOS Database to the ARIADNE Infrastructure with the ARIADNE Mortuary Data Application Profile // Proceedings of the 27th International Conference on Cultural Heritage and New Technologies, November 2022. Heidelberg, 2022. P. 1–5.
- Devlet et al. 2018 — Devlet E. G., Laskin A. R., Pakhunov A. S., Romanenko E. V., Svoyski Yu. M. Application of surface visualization algorithms in the rock art studies // Гайнуллин Д. А., Булякова Г. В., Буляков И. И., Нафиков Ш. В. (ред. кол.). Музеефикация историко-культурного наследия: теория и практика: Материалы III Междунар. науч. симпозиума. Уфа: ГБУ НПЦ РБ, 2018. С. 52–71.
- Hawkins 2022 — Hawkins A. Archives, Linked Data and the Digital Humanities: Increasing Access to Digitised and Born-Digital Archives via the Semantic Web // Archival Science. 2022. No. 22 (3). P. 319–344.
- Katsianis et al. 2020 — Katsianis M., Bevan A., Styliaras G., Maniatis Y. An Aegean History and Archaeology Written through Radiocarbon Dates // Journal of Open Archaeology Data. 2020. No. 8 (August). P. 1–6.
- Lloyd 2016 — Lloyd J. Contextualizing 3D Cultural Heritage // Ioannides M. et al. (eds.). Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage: Documentation, Preservation, and Protection. Springer International Publishing AG, 2016. P. 9–69. (Lecture Notes in Computer Science. Vol. 10058). doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_69.
- The London Charter 2009 — The London Charter for the computer-based visualization of cultural heritage. London, 2009. Available at <https://londoncharter.org/>.
- Maalek R., Maalek Sh. 2022 — Maalek R., Maalek Sh. Automatic Recognition and Digital Documentation of Cultural Heritage Hemispherical Domes Using Images // Journal on Computing and Cultural Heritage. 2022. No. 16 (1). Article No. 6. P. 1–21. <https://doi.org/10.1145/3528412>.
- Potenziani et al. 2015 — Potenziani M., Callieri M., Dellepiane M., Corsini M., Ponchio F., Scopigno R. 3DHOP: 3D Heritage Online Presenter // Computers & Graphics. 2015. No. 52 (November). P. 129–141.
- Richards 2012 — Richards J. D. Digital Infrastructures for Archaeological Research: A European Perspective // CSA Newsletter. 2012. XXV (2). Available at <http://csanet.org/newsletter/fall12/nlf1202.html>.
- Richards, Niccolucci 2019 — Richards J. D., Niccolucci F. (eds.). The Ariadne Impact. Budapest: Archaeolingua, 2019. 202 p.
- Schönberger 2018 — Schönberger J. L. Robust Methods for Accurate and Efficient 3D Modeling from Unstructured Imagery. PhD dissertation ... at ETH Zurich, 2018. 291 p. doi.org/10.3929/ethz-b-000295763.
- Schütz 2016 — Schütz M. Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers: Diploma thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Diplom-Ingenieur in Visual Computing at Technische Universität Wien. Wien, 2016. 92 p.
- The Seville Principles 2017 — The Seville Principles: international principles of virtual archaeology. New Delhi, 2017. Available at <http://sevilleprinciples.com/>.
- Statham 2019 — Statham N. Scientific Rigour of Online Platforms for 3D Visualization of Heritage // Virtual Archaeology Review. 2019. No. 10 (20). P. 1–16.

- Teppati Losè et al. 2022 — *Teppati Losè L., Spreafico A., Chiabrando F., Giulio Tonolo F.* Apple LiDAR Sensor for 3D Surveying: Tests and Results in the Cultural Heritage Domain // *Remote Sensing*. 2022. No. 14 (17). P. 1–30.
- Vassallo et al. 2023 — *Vassallo V., Theodoridou M., Felicetti A., Avgousti A.* Tools and Ontologies for the Aggregation and Management of Cypriot Archaeological Datasets // *Internet Archaeology*. 2023. No. 64: 10. <https://doi.org/10.11141/ia.64.10>.
- Wilkinson et al. 2016 — *Wilkinson M. D., Dumontier M., Aalbersberg I.J., Appleton G., Axton M., Baak A., Blomberg N. et al.* The FAIR Guiding Principles for Scientific Data Management and Stewardship // *Scientific Data*. 2016. 3 (March). P. 1–9.

**“THIS STONE WHICH I HAVE SET UP AS A PILLAR WILL BE GOD’S HOUSE”:
ABOUT THE METHODOLOGY OF DEVELOPING THE INFORMATION SYSTEM
“THE EARLY BYZANTINE CHURCHES OF SYRIA”**

**E. K. BLOKHIN, A. YU. VINOGRADOV, D. D. ELSHIN,
E. E. KAZAKOV, N. F. SOLOVYOVA**

Keywords: *Syria, architectural archaeology, Early Byzantine period, Byzantine architecture, digital archaeology, photogrammetry, databases.*

In 2021–2023 a collective of scholars united by the Center for Rescue Archaeology of IHMC RAS carried out large-scale works on the 3D recording of a number of Early Byzantine churches in the Near East. 19 objects associated with 9 historical centers situated on the territory of Syrian Arab Republic were studied during the implementation of the project. The data obtained in the course of this work served as the basis for 3D models, measuring drafts, analytical descriptions and historiographical studies. The data is published as an open geoinformation system and database available online. The paper presents the methodologies of surveying, processing and publishing the digital data used by the authors.