

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 2 / 2024, Vol. 16, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/23SAVN224.pdf>

2.1.14. Управление жизненным циклом объектов строительства (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Вареник, К. А. Применение технологий информационного моделирования в изучении и трансляции объектов архитектурного наследия / К. А. Вареник, А. С. Вареник, Д. Д. Храмов, А. С. Чамеев, Д. И. Николаев // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/23SAVN224.pdf>

For citation:

Varenik K.A., Varenik A.S., Khramov D.D., Chameev A.S., Nikolaev D.I. Application of information modeling technologies in the study and translation of architectural heritage objects. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024;16(2): 23SAVN224. Available at: <https://esj.today/PDF/23SAVN224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

Авторы статьи выражают благодарность за сотрудничество, предоставление материалов археологических работ и научные консультации Институту археологии РАН. В частности: Седову Владимиру Валентиновичу — доктору искусствоведения, члену-корреспонденту РАН и Вдовиченко Марине Викторовне — кандидату искусствоведения

УДК 004.94

Вареник Кирилл Александрович

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия
Доцент
Кандидат технических наук
E-mail: vkirillv89@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=721765

Вареник Александр Станиславович

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия
Заведующий кафедрой
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Alexandr.Varenik@novsu.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=720266

Храмов Данислав Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия
Ведущий инженер
E-mail: s229398@std.novsu.ru

Чамеев Александр Сергеевич

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия
Инженер
E-mail: s244313@std.novsu.ru

Николаев Даниил Игоревич

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, Россия
Инженер
E-mail: s243077@std.novsu.ru

**Применение технологий информационного
моделирования в изучении и трансляции объектов
архитектурного наследия**

Аннотация. Современные цифровые технологий все шире используются в гуманитарных науках. Целью работы авторов является разработка методик по интеграции исторических и археологических данных в цифровую информационную модель объекта архитектурного наследия. Решение практических задач достигается с помощью методов графического программирования и разработки специальных блоков в программном комплексе Autodesk Revit. Современные программные комплексы позволяют моделировать изменения облика памятника архитектуры за многовековую историю, а также наполнять модель информацией. Авторами выполнена информационная цифровая модель Георгиевский собор Юрьева монастыря в городе Великий Новгород. В модели представлен современный облик собора и облик, который имел собор с 1820-х годов до середины 1930-х годов. Основой для моделирования послужили данные наземного лазерного сканирования и исследования ученых археологов. По мнению авторов, цифровая историческая реконструкция различных вариантов внешнего и внутреннего облика памятника архитектуры может способствовать более обоснованному выбору проекта реставрации. В статье приведены приемы размещения фресок XII века на стенах и в куполе цифровой модели собора. Предлагаемая методика позволяет создавать списки наиболее ценных артефактов с подробными данными (датировка, авторы исследований, фотофиксация и т. д.). Список «работает» совместно с моделью, объединяя текстовую информацию с визуальной. Цифровая информация удобна для формирования выборок и назначения фильтров в соответствии с заданными параметрами. В целом исследования авторов показали, что методы информационного моделирования могут эффективно способствовать изучению и трансляции памятников архитектурного наследия.

Ключевые слова: информационное моделирование; объект архитектурного наследия; цифровая информационная модель; реставрация; историческая реконструкция; программный комплекс

Введение

В настоящее время идет активное внедрение направления «Цифровые гуманитарные науки (Digital Humanities)». В областях архитектуры, реставрации и археологии наряду с традиционными методами гуманитарных исследований все больше используются современные цифровые технологии, включая информационное моделирование в строительстве (BIM), в основе которого лежит информация, а не только воссоздание геометрии архитектурных объектов и их визуализация.

Логичным результатом этих процессов стало создание отдельного направления исследований «Heritage Building Information Modelling» (HBIM) [1], которое позволяет изучать, документировать, транслировать и виртуально реконструировать архитектурное наследие. Так же цифровые параметрические модели исторических объектов становятся важной необходимостью при эксплуатации, сохранении и реставрации.

Проведенный авторами обзор и анализ отечественного [2; 3] и зарубежного [4; 5] состояния вопроса применения технологий информационного моделирования в сфере архитектурного наследия показывает, что исследования и практические шаги осуществляются в нескольких направлениях с использованием различных подходов, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы [6]. Однако создаваемые на данный момент цифровые информационные модели исторических объектов не содержат полную, исчерпывающую информацию о них. Значительная часть неучтенных данных могла бы позволить более эффективно проводить работу реставраторов, музейных работников, археологов и других вовлеченных участников жизненного цикла объекта.

Практический опыт по созданию цифровых параметрических моделей в сфере промышленного и гражданского строительства, позволил авторам определить актуальные направления внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия.

Материалы и методы

В цифровой модели, по мнению авторов, должна содержаться информация об утраченных или демонтированных частях здания, внутренний антураж со ссылками на архивную документацию и научные исследования (артефакты, элементы убранства, фресковая живопись, граффити и т. д.), заключения по результатам обследований с данными о дефектах и повреждениях строительных конструкций, сведения об инженерном оборудовании и многое другое.

Объектом для апробации исследований был выбран один из старейших сохранившихся памятников русской архитектуры начала XII века, входящий в список мирового наследия ЮНЕСКО — Георгиевский собор Юрьева монастыря в городе Великий Новгород.

Исходным материалом послужили результаты археологических экспедиций и научных трудов Института археологии Российской академии наук: «Домонгольские росписи Новгорода: археологический контекст и естественно-научные исследования (фрески Георгиевского собора Юрьева монастыря из раскопок 2013–2020 годов)» [7]. При моделировании использованы работы Вл.В. Седова по исследованию архитектуры Георгиевского собора [8].

В статье [9] подробно описана технология проведения наземного лазерного сканирования и фотограмметрии, а также процесс создания цифровой информационной модели собора по полученному облаку точек в программном комплексе Autodesk Revit (рис. 1).

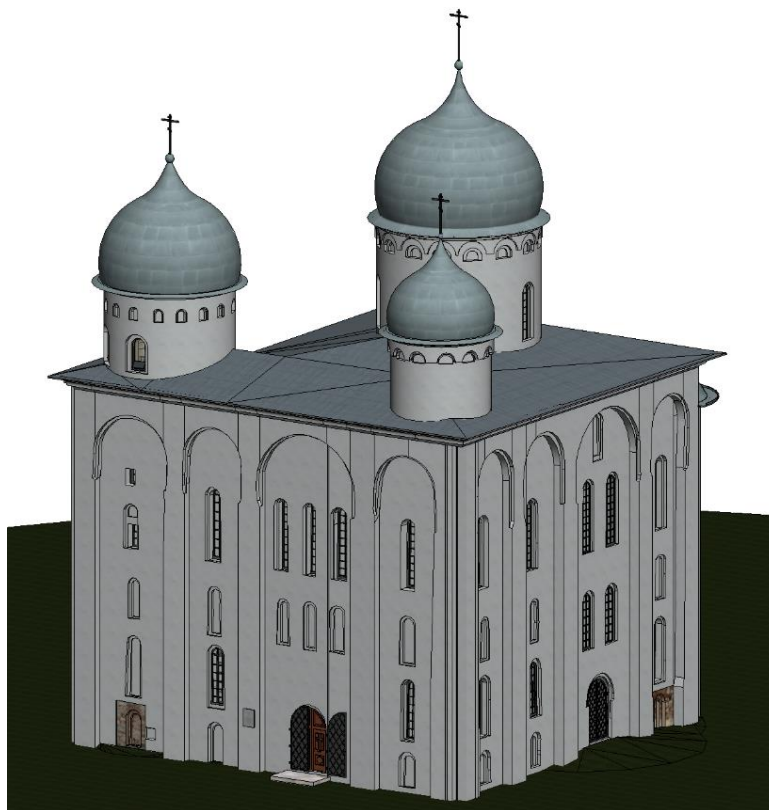


Рисунок 1. Цифровая информационная модель. 3D вид (фото авторов)

Современные лазерные сканеры позволяют получать цифровую копию объекта в виде облака точек с миллиметровой точностью. Традиционные обмеры не обладают подобной точностью. Вместе с тем очень часто по объектам архитектурного наследия обмерные чертежи отсутствуют или не актуальны. При создании информационной модели, облако точек используется как «подложка», позволяя моделировать сложные архитектурные формы и элементы [10].

Большим преимуществом создания трехмерной информационной модели является возможность быстрого получения из нее любых 2D планов и разрезов. На рисунке 2 представлен поперечный разрез модели собора.



Рисунок 2. Цифровая информационная модель. Поперечный разрез (фото авторов)

В настоящей статье рассматриваются возможности наполнения модели различной информацией. Для Георгиевского собора было принято решение внести в цифровую информационную модель данные об исторических реконструкциях, артефактах и внутреннем убранстве.

Решение практических задач достигается с помощью методов графического программирования и разработки специальных блоков в программном комплексе Autodesk Revit.

Цифровая историческая реконструкция

Самые ценные памятники архитектурного наследия имеют многовековую историю. В результате естественного физического износа, жизнедеятельности человека, пожаров, войн и других причин за длительный период облик исторического здания мог претерпеть

существенные изменения. Причем современный вид может весьма отличаться от изначального замысла зодчего. Не редкими являются объекты, у которых сохранились только фрагменты несущих конструкций и фундаментов. Ученые архитекторы-реставраторы в своих проектах часто предлагают различные реконструкции на тот или иной период времени. Современные компьютерные технологии позволяют моделировать изменения архитектурного облика объекта на протяжении истории его существования. Основой для моделирования служат научные исследования археологов, историков, архитекторов-реставраторов.

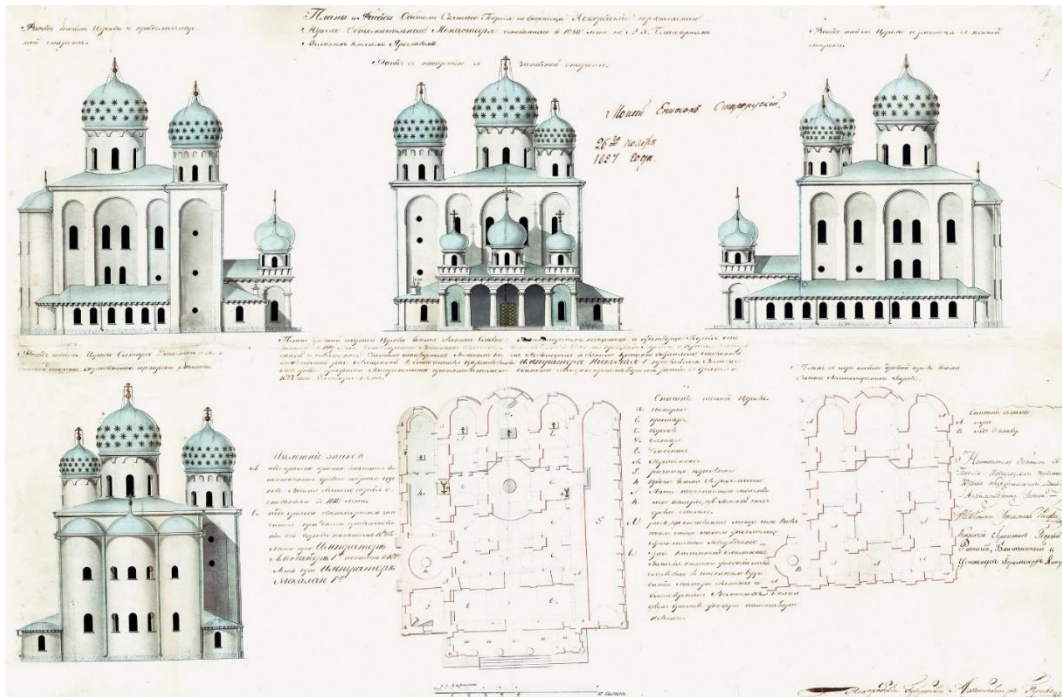


Рисунок 3. Чертежи Георгиевского собора Юрьева монастыря 1827 г. М.М. Праве [11]

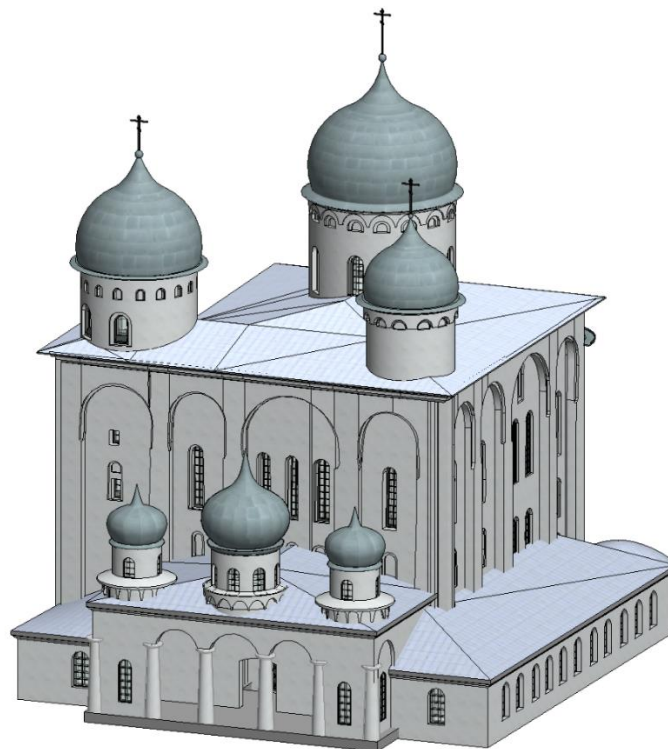


Рисунок 4. Облик собора с 1820-х годов до середины 1930-х годов (фото авторов)

Георгиевский собор обладает богатой историей перестроек, дополнений и реставрационных вмешательств. Так, например, в 20-х годах XIX века были выполнены пристройки. Сохранились чертежи 1827 года, выполненные новгородским губернским архитектором М.М. Пправе [11], дающие представление об облике собора в XIX веке (рис. 3). В результате больших археологических работ, проведенных в 30-х годах XX века под руководством археолога М.К. Каргера [12], пристройки были демонтированы. Таким образом, появилась возможность исследовать и восстановить более ранний облик фасадов и изменить представление об архитектуре собора XII века [13].

По чертежам 1827 года были смоделированы западный притвор и южная пристройка. На рисунке 4 представлен скриншот цифровой модели, отражающий облик собора с 1820-х годов до середины 1930-х годов.

В программном комплексе Autodesk Revit для этого есть два способа. Первый — использование функции «Стадии». Второй способ — создание связанного файла, который можно подгружать и выгружать относительно основного файла. У каждого способа есть свои плюсы и минусы, главным отличием является процесс просмотра, не влияющий на конечный результат.

Внесение в модель информации об артефактах

Важнейшей задачей внедрения информационного моделирования в сферу архитектурного наследия является разработка методик внесения в цифровую модель информации о культурных артефактах.

Для точного задания местоположения артефактов были разработаны специальные 3D семейства — «Типовая модель на основе грани». В программном комплексе Autodesk Revit под понятием семейства подразумеваются информационные компоненты, из которых создается модель. Далее все подобные семейства были размещены в модели при помощи команд «Разместить компонент» и «Разместить на грани».

Чтобы информацию из таких параметров можно было размещать в табличных ведомостях модели, этот параметр должен быть общим. Если создать такой параметр и добавить его в конкретные категории семейств, то затем уже можно сформировать ведомость по этим категориям.

Далее артефакт выделяется в модели, редактируется семейство и создается общий параметр. Ему задаются: имя, категория и тип данных, а также назначаются свойства параметра. Таким же способом создаются все необходимые параметры для списка артефактов, и они добавляются во все семейства в проекте.

По Георгиевскому собору основной акцент был сделан на открытиях, выявленных в ходе работ Института археологии Российской академии наук: фресковые росписи собора первой трети XII в., погребальные сооружения и комплекс других археологических находок [14; 15].

В результате проведенных археологических работ уровень пола опустился приблизительно на 1 м. Это дало возможность открыть фрески XII в., до того скрытые подсыпками под разные уровни последующих полов. Участки сохранившейся фресковой живописи дают богатейший материал для будущих исследований и, несомненно, займут достойное место в ряду памятников декоративной древнерусской живописи [16].

Для корректного отображения сохраненной фресковой живописи необходимо было сделать фотофиксацию нужных участков под прямым углом с выравниванием по горизонтали и вертикали, а также сделать точные замеры этих участков. Далее мы используем команду

«деколь» и создаем новый экземпляр. В параметрах можно задавать обычное (глянцевое) или матовое отображение. Второй вариант предпочтительнее в случае, если не нужны лишние отражения в программе — визуализаторе.

Затем выбирается подготовленное изображение и размещается «деколь», задав предварительно или после ее размеры. На плоских поверхностях объекта данный способ работает очень хорошо, но в случаях, если поверхность криволинейная (не плоская стена, свод и т. п.) может получиться так, что часть «деколи» будет потеряна. В таких случаях следует повторно нанести эту «деколь» с сохранением размеров на участок, где она не отображается, и сместить её в нужное положение, чтобы не было заметно стыка. Примеры размещенных в модели участков фресковой живописи XII века представлен на рисунках 5 и 6.

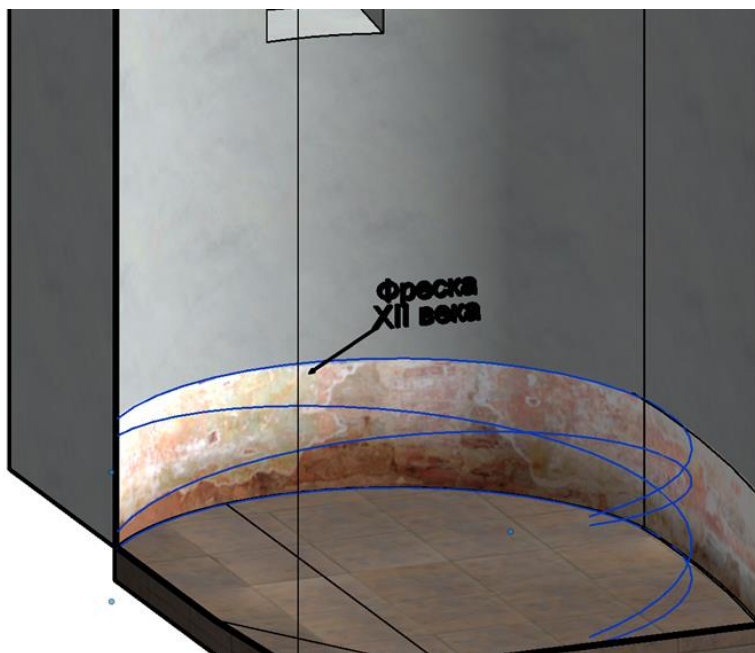


Рисунок 5. Размещение фрагментов сохранившейся фресковой живописи XII века в южной апсиде модели собора (фото авторов)



Рисунок 6. Размещение фрагментов сохранившейся фресковой живописи XII века в куполе лестничной башни модели собора (фото авторов)

Наряду с фресковой живописью, в лестничной башне Георгиевского собора сохранились и надписи-граффити, датируемые XII–XV вв. Речь идет как о значительных по размеру надписях, так и о небольших обрывках слов и отдельных буквах. Изучению эпиграфического комплекса собора посвящены работы филолога, специалиста в области языка и культуры Древней Руси Т.В. Рождественской [17] и лингвиста и текстолога А.А. Гиппиуса [18].

О важности фиксации граффити, также как это делается с найденными берестяными грамотами, говорит историк И.Ю. Анкудинов. На данный момент большое количество граффити не только не введены в научный оборот, но даже не зафиксированы [19]. Кроме систематизации, это важно и по причине уязвимости граффити для внешних воздействий. Таким образом, И.Ю. Анкудиновым предложена идея создания каталога для всех выявленных граффити Георгиевского собора с их описанием, точным местоположением и фотофиксацией для сохранения информации. Авторы статьи считают, что интеграция данного каталога в цифровую информационную модель позволит эффективной и удобной систематизации собранной информации.

Для решения данной задачи предлагаются те же решения, что и в случае интеграции в модель данных о фресковой живописи.

После того, как все необходимые элементы внутреннего убранства собора были размещены в его цифровой информационной модели, был создан список артефактов, представленный на рисунке 7.

<i><Список артефактов></i>						
A	B	C	D	E	F	G
№	Тип	Век	Местоположение	Авторы исследований	Ссылка на статью	Примечание
1	Фреска	XII	Восточные закрестия столбов в алтаре	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	
2	Фреска	XII	Восточные закрестия столбов в алтаре	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	
6	Фреска	XII	Лестничная башня	Вл.В. Седов	https://cloud.mail.ru/public	
3	Фреска	XII	Южная абсида	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	
4	Фреска	XIX	Около северного портала	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	
5	Фреска	XIX	Около южного портала	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	
7	Гробниц	XVIII	Около северного портала	Вл. В. Седов, Е. А. Кадейшвили, М. В. Вдовиченко	https://cloud.mail.ru/public	

Рисунок 7. Список артефактов (фото авторов)

Еще одним решением авторов является создание возможности перехода по ссылкам из списка артефактов. Это было реализовано на примере параметра «ссылка на статью». Для это на облачном хранилище предварительно была создана папка с научными статьями, посвященными археологическим раскопкам в соборе, позволившим обнаружить и изучить эти артефакты. Затем ссылки на облако со статьями были импортированы в ведомость для удобного хранения информации.

Таким образом, данная таблица содержит следующие столбцы: порядковый номер артефакта, тип артефакта, век создания артефакта, местоположение артефакта в соборе, авторы исследований, ссылка на статьи (где упоминаются артефакты), а также примечание. Данная ведомость может быть дополнена прочей необходимой информацией и ссылками.

Для быстрого и удобного нахождения нужного элемента в модели можно выбрать вариант «Мозаичное расположение окон». В окне с ведомостью нужно нажать на строку с нужным элементом, далее в окне с 3D-видом модели этот элемент подсветится.

Выводы

Технологии информационного моделирования могут эффективно использоваться для целей сохранения и трансляции архитектурного наследия. Цифровая модель памятника архитектуры является основой для аккумулирования разнообразной информации.

В работе показаны возможности моделирования изменений облика объекта архитектурного наследия на примере Георгиевского собора Юрьева монастыря в Великом Новгороде. Важно то, что в одной 3D модели могут быть наглядно представлены варианты исторических реконструкций, предлагаемые различными учеными в области истории, археологии и архитектурной реставрации. Данный подход будет способствовать принятию более обоснованных реставрационных проектных решений. Немаловажно то, что современные технологии (например, технологии дополненной реальности) позволяют визуализировать историческую хронологию изменений для посетителей памятников архитектуры.

Авторами предложены приемы интеграции в информационную модель наиболее ценных артефактов, в частности сохранившейся фресковой живописи и граффити. В модели формируется список артефактов, содержащий все важнейшие сведения. Модель Георгиевского собора будет наполняться новой информацией, сопровождая эксплуатацию, реставрационные работы и дальнейшие археологические изыскания.

Положительные результаты исследований свидетельствуют о возможности разработки полноценной методики эксплуатации объектов архитектурного наследия с применением технологий информационного моделирования.

Конечным результатом работ по созданию цифровых параметрических моделей объектов архитектурного наследия и внесения в них всей имеющейся информации будут являться «цифровые паспорта».

ЛИТЕРАТУРА

1. Murphy, M. Historic building information modelling (HBIM) / M. Murphy, E. McGovern, S. Pavia // *Structural Survey*. — 2009. — Т. 27(4). — С. 311–327.
2. Майничева, А.Ю. Информационное моделирование зданий и сооружений: "умные памятники деревянного зодчества" / А.Ю. Майничева, В.В. Талапов // *Вестник Томского государственного университета. История*. — 2020. — № 65. — С. 135–140.
3. Аникеева, С.О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры / С.О. Аникеева // *Вестник Томского государственного университета. Культурология и искусствоведение*. — 2014. — № 1(13). — С. 31–36.
4. Brian, P. BIM for Cultural Heritage: Development of an Information Model of a Historic Building / P. Brian, S. Antonopoulou // *Publishing solutions*. — 2019. — 106 с.
5. López, F.J. A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM) / F.J. López, P. Lerones, J. Llamas, J. Gómez-García-Bermejo and E. Zalama // *Multimodal Technologies and Interaction*. — 2018 — 9 с.

6. Вареник, К.А. Обзор исследований внедрения технологий информационного моделирования для объектов архитектурного наследия / К.А. Вареник // Вестник евразийской науки. — 2023. — Т. 15. — № 3. — URL: <https://esj.today/PDF/69SAVN323.pdf>.
7. Седов, Вл.В. Фрески XII в. на стенах Георгиевского собора Юрьева монастыря под Великим Новгородом, открытые в ходе археологических работ 2013 г. / Вл.В. Седов, Е.А. Кадейшвили, М.В. Вдовиченко // Реставрация и исследования памятников культуры. — 2015. — № 1(78). — С. 175–185.
8. Седов, Вл.В. Архитектура Георгиевского собора Юрьева монастыря и первая система организации фасадов в архитектуре Древней Руси: ярусы окон и арочных ниш / Вл.В. Седов // Архитектурная археология. — 2022. — № 4. — С. 5–48.
9. Вареник, К.А. Создание цифровой информационной модели Георгиевского собора Юрьева монастыря на основе результатов лазерного сканирования и фотограмметрии / К.А. Вареник, А.С. Вареник, Д.Д. Храмов, А.С. Чамеев // Перспективы науки. — 2023. — № 4(163). — С. 80–86.
10. Вареник, К.А. Объединение методов наземного лазерного сканирования и фотограмметрии при создании цифровых моделей объектов архитектурного наследия / К.А. Вареник, А.С. Вареник, Д.Д. Храмов, С.П. Славинский // Перспективы науки. — 2022. — № 10(157). — С. 77–82.
11. Георгиевский собор Новгородского Юрьева монастыря / С.А. Секретарь. — Великий Новгород. — 2019. — 57 с.
12. Новгород Великий. Сокровища русского зодчества / М.К. Каргер. — М: Изд-во Академии архитектуры СССР. — 1946. — 183 с.
13. Медведева, М.В. Архивные материалы из собрания из собрания ИИМК РАН об исследованиях Георгиевского собора Юрьева монастыря в Новгороде в 1933–1935 гг. / М.В. Медведева, Д.Д. Елшин // Архитектурная археология. — 2022. — № 4. — С. 220–249.
14. Седов, В.В. Археологические находки 2014 года в Георгиевском соборе Юрьева монастыря / В.В. Седов // Вестник российского гуманитарного научного фонда. — 2014. — Т. 7 — С. 15–19.
15. Седов, В.В. Археологические работы в Георгиевском соборе Юрьева монастыря и в Пантелеймоновом монастыре в 2015 году / В.В. Седов, М.В. Вдовиченко // Новгород и Новгородская земля. История и археология. — 2016. — № 1(78). — С. 58–73.
16. Седов, В.В. Фрески XII в. на стенах Георгиевского собора Юрьева монастыря (по результатам археологических работ 2014 г.) / В.В. Седов, М.В. Вдовиченко, Е.А. Кадейшвили // Реставрация и исследование памятников культуры. — 2016. — № 8. — С. 11–17.
17. Рождественская, Т.В. Древнерусские надписи на стенах храмов: новые источники XI–XV вв. — Спб.: СПбГУ, 1992. — 172 с.
18. Гиппиус, А.А. Из надписей-граффити в лестничной башне Георгиевского собора Юрьева монастыря / А.А. Гиппиус, С.М. Михеев // Архитектурная археология. — 2022. — № 4. — С. 98–111.
19. Анкудинов И.Ю. Топография граффити Георгиевского собора новгородского Юрьева монастыря / И.Ю. Анкудинов // Архитектурная археология. — 2022. — № 4. — С. 112–123.

Varenik Kirill Aleksandrovich

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia
E-mail: vkirillv89@mail.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=721765

Varenik Aleksandr Stanislavovich

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia
E-mail: Alexandr.Varenik@novsu.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=720266

Khramov Danislav Dmitrievich

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia
E-mail: s229398@std.novsu.ru

Chameev Aleksandr Sergeevich

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia
E-mail: s244313@std.novsu.ru

Nikolaev Daniil Igorevich

The Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia
E-mail: s243077@std.novsu.ru

Application of information modeling technologies in the study and translation of architectural heritage objects

Abstract. Modern digital technologies are increasingly used in the humanities. The goal of the authors' work is to develop methods for integrating historical and archaeological data into a digital information model of an architectural heritage site. The solution of practical problems is achieved using graphic programming methods and the development of special blocks in the Autodesk Revit software package. Modern software systems make it possible to simulate changes in the appearance of an architectural monument over a centuries-old history, as well as fill the model with information. The authors created an information digital model of St. George's Cathedral of the St. George's Monastery in the city of Veliky Novgorod. The model shows the modern appearance of the cathedral and the appearance that the cathedral had from the 1820s to the mid — 1930s. The basis for the modeling was data from terrestrial laser scanning and research by archaeological scientists. According to the authors, digital historical reconstruction of various options for the external and internal appearance of an architectural monument can contribute to a more informed choice of a restoration project. The article describes techniques for placing 12th-century frescoes on the walls and in the dome of a digital model of the cathedral. The proposed methodology allows you to create lists of the most valuable artifacts with detailed data (dating, authors of studies, photographic recording, etc.). The list «works» together with the model, combining textual information with visual information. Digital information is convenient for generating samples and assigning filters in accordance with specified parameters. In general, the authors' research has shown that information modeling methods can effectively contribute to the study and translation of architectural heritage monuments.

Keywords: information modeling; architectural heritage object; digital information model; restoration; historical reconstruction; software package