

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕМЕНТОВ ДОУГУН И ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАМЯТНИКОВ АРХИТЕКТУРЫ ДРЕВНЕГО КИТАЯ

Чжан Гуаньин

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), Новосибирск, Россия

Аннотация

Работа посвящена изучению возможности применения новейшей технологии информационного моделирования зданий (BIM) для воссоздания архитектурных и исторических памятников Древнего Китая, являющихся экспонатами музеев под открытым небом, и работы с ними, включающей музейный учет и мониторинг состояния объектов. Для этого разработана библиотека параметрических элементов системы доугун, являющихся основой памятников китайской архитектуры. Эта библиотека затем использовалась в качестве базовых блоков для создания информационных моделей. В качестве объекта моделирования были взяты деревянная беседка из монастыря Хуайшэнсы и здание храма Шенмудянь.

Ключевые слова: памятник архитектуры, доугун, музей под открытым небом, информационное моделирование, BIM, Древний Китай

LIBRARY ELEMENTS DOUGUN AND INFORMATION MODELING ARCHITECTURAL MONUMENTS OF ANCIENT CHINA

Zhang Guanying

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia

Abstract

This article is devoted to investigate the possibility of applying the latest technology of building information modeling (BIM) for the reconstruction of architectural and historical monuments of Ancient China, which exhibits open-air museums, and work with them, including Museum records and monitoring the state of the objects. For this purpose, a library of parametric components of a system Dougan, which is the basis of Chinese architecture monuments. This library was then used as the basic blocks for building an information models. The object of the model were taken from a wooden gazebo from the monastery of Huachansu and the building of the temple Shanmugan.

Keywords: architectural monument, dougong, open air museum, information modeling, BIM, Ancient China

В настоящее время технология BIM активно внедряется во всех областях проектно-строительной деятельности. Создание информационной модели можно применять и к памятникам архитектуры, получая, таким образом, как новый способ фиксации этих сооружений, так и средство для хранения и анализа информации, что особенно важно при мониторинге состояния памятников архитектуры. Информационное моделирование позволяет также работать с памятниками, которые в настоящее время частично или полностью утрачены, делая их доступными как для исследования, так и для экспонирования в качестве экспонатов виртуальных музеев [1]. Огромное поле для применения BIM представляют памятники архитектуры Древнего Китая.

Но главная проблема такого применения заключается в том, что из-за отсутствия широкой практики методики информационного моделирования памятников архитектуры пока не разработаны, как не созданы и библиотеки необходимых архитектурно-конструктивных элементов, представляющих ту или иную эпоху. Последнее особенно важно, поскольку BIM является объектно-ориентированной технологией и опирается на предварительно созданные элементы, из которых потом, как из блоков, собирается модель. Наличие такой библиотеки позволяет сделать процесс моделирования памятников архитектуры массовым, высокотехнологичным и унифицированным, что имеет первостепенное значение для хранения, поиска и анализа информации.

Среди публикаций, посвященных информационному моделированию памятников архитектуры и разработке общей методики применения BIM в этой области, стоит отметить [2], [3], [4] и [5], а также работу японских специалистов по моделированию пятиэтажной пагоды в городе Чибя с целью определения её прочностных характеристик и современной возможности противостоять внешним воздействиям.

Первый опыт моделирования на примере беседки

Для начала работы было решено познакомиться с традиционной китайской архитектурой и смоделировать беседку в монастыре Хуайшэнсы, которая была построена в эпоху династии Тан (618 – 917 гг.). Правление династии Тан явилось вершиной развития экономики и культуры феодального общества в Китае. В этот период в строительстве значительно усовершенствовалась конструкция доугунов (специальная система деревянных элементов, состоящая из балок и особых кронштейнов, являющаяся связующим звеном и одновременно амортизирующим элементом между балкой и опорой, своеобразная капитель). В результате в тот период была создана совершенно новая форма общей структуры сооружений. Традиции деревянной архитектуры эпохи Тан оказали огромное влияние на все дальнейшее строительство в Китае. Выдающимся примером достижений китайских архитекторов этого периода является монастырь Хуайшэнсы.

Монастырь Хуайшэнсы был основан примерно в 627 году приехавшими в Китай арабами, сегодня это – один из старейших в мире исламских монастырей и один из четырех древнейших монастырей Китая. Он находится в городе Гуанчжоу на юге Китая, также известен как Храм Льва или Гуантасы. В общем, объект, достойный для изучения, в том числе и для информационного моделирования. Что касается выбора именно беседки, то эти сооружения являются многочисленными и характерными представителями архитектуры Древнего Китая, поскольку в течение многих веков по велению императоров размещались с определенным интервалом вдоль дорог для возможного отдыха путников, являясь, таким образом, используя современную терминологию, частью весьма значимого государственного инфраструктурного проекта.

Например, в династии Цинь (221 – 207 гг. до н.э.) через каждые 10 миль строили одну беседку. В столичном городе Лоян в династии Хань (207 г. до н.э. – 220 г. н.э.) строили беседки на каждой улице. Но все эти беседки расположены не в парках. В династии Тан начали строить беседки в парках и садах. И техника строительства беседок быстро развивалась.

В монастыре Хуайшэнсы имеется три беседки, две из них с памятниками, а третья – с каменным столом и шестью табуретками. Беседки были реконструированы в начале династии Цин (1644-1912), но своеобразие эпохи Тан сохранилось.

В то время в Китае в основном строили из дерева, поэтому сооружений эпохи Тан до наших дней дошло очень мало. Однако беседке в монастыре Хуайшэнсы особо «повезло» – первоначально она была построена из дерева, а платформа и базы колонн сооружены из камня, но при последующей реконструкции (возможно, 1949 года)

деревянные элементы заменили на железобетонные. Так что воссоздание реального деревянного вида беседки было делом не только непростым с точки зрения моделирования, но представляло немалый интерес в деле восстановления исторической справедливости (Рис. 1).



Рис. 1. Беседка в монастыре Хуайшэнсы – современные фотографии

На первом этапе моделирования была проведена работа по восстановлению ранее использовавшейся в этой беседке системы кронштейнов доугун (до наших дней они не дошли, так как при реконструкциях «превратились» в железобетон). Из-за отсутствия исторических документов некоторые узлы с полной достоверностью восстановить так не удалось, поэтому в модели они представлены в нашем современном (гипотетическом) понимании конструктивной целесообразности, полученном на основе исследования системы доугун. По этим исследованиям для проверки наших гипотез были построены компьютерные базовые элементы, из которых и собиралась система доугун, несущая крышу (Рис. 2).

Аналогичная работа была проделана и с другими компонентами, из которых состоит беседка: колоннами, стойками, стропилами, черепицей и т.п. Все эти элементы информационной модели играют самостоятельную роль, поэтому могут индивидуально специфицироваться и учитываться с указанием физического состояния каждого из них (Рис. 3).

Когда все необходимые компоненты были созданы, собрать общую модель беседки уже не составило большого труда. И появилась возможность сделать некоторые общие выводы.

Во-первых, проведенная работа показала, что технология BIM и конкретно программа Autodesk Revit хорошо подходят для моделирования памятников архитектуры и исторических объектов. Они позволяют, в частности, быстро модифицировать

построенную модель при выявлении новых обстоятельств как исторического, так и конструктивно-эксплуатационного характера.

Во-вторых, мы столкнулись с неоспоримым фактом потери знания. И пусть эта потеря была небольшой («какая-то беседка»), но сам по себе такой факт оказался крайне неприятным – мы в наш космический век не смогли достоверно воссоздать относительно простую конструкцию крепления крыши к балкам и колоннам, реализованную когда-то древнекитайскими мастерами. Решение проблемы в дальнейшем виделось в тщательном изучении и компьютерном моделировании всей системы кронштейнов доугун, использовавшейся в сооружениях Древнего Китая.

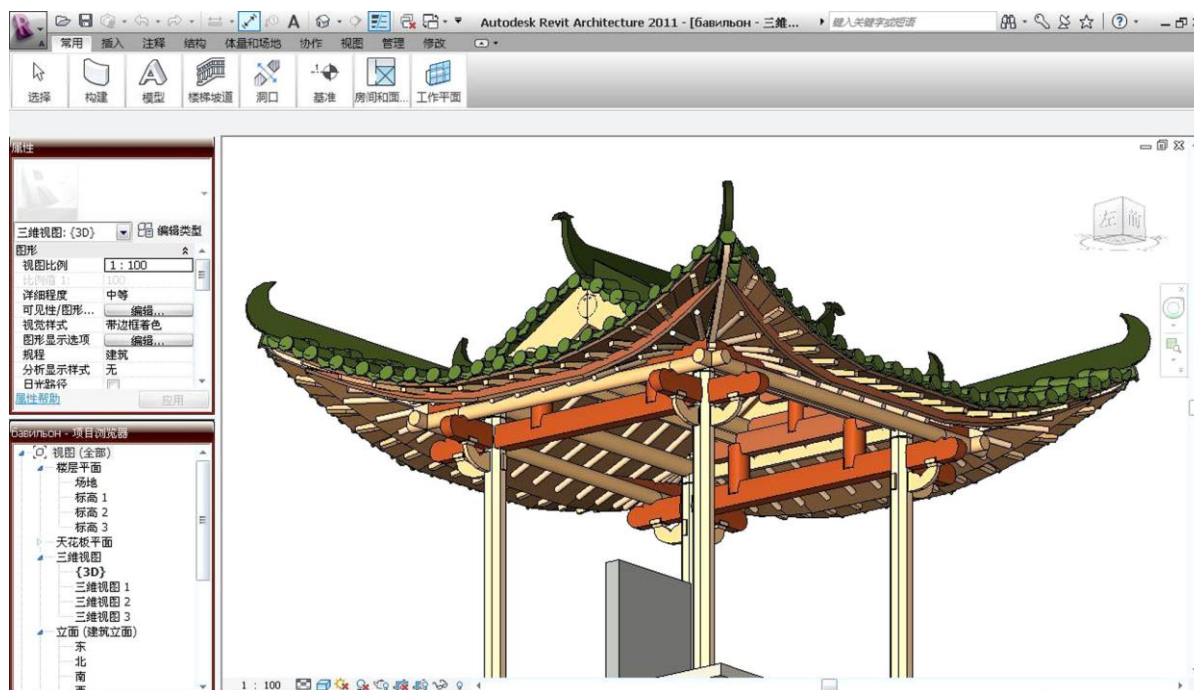


Рис. 2. Моделирование беседки в программе Autodesk Revit, 2011

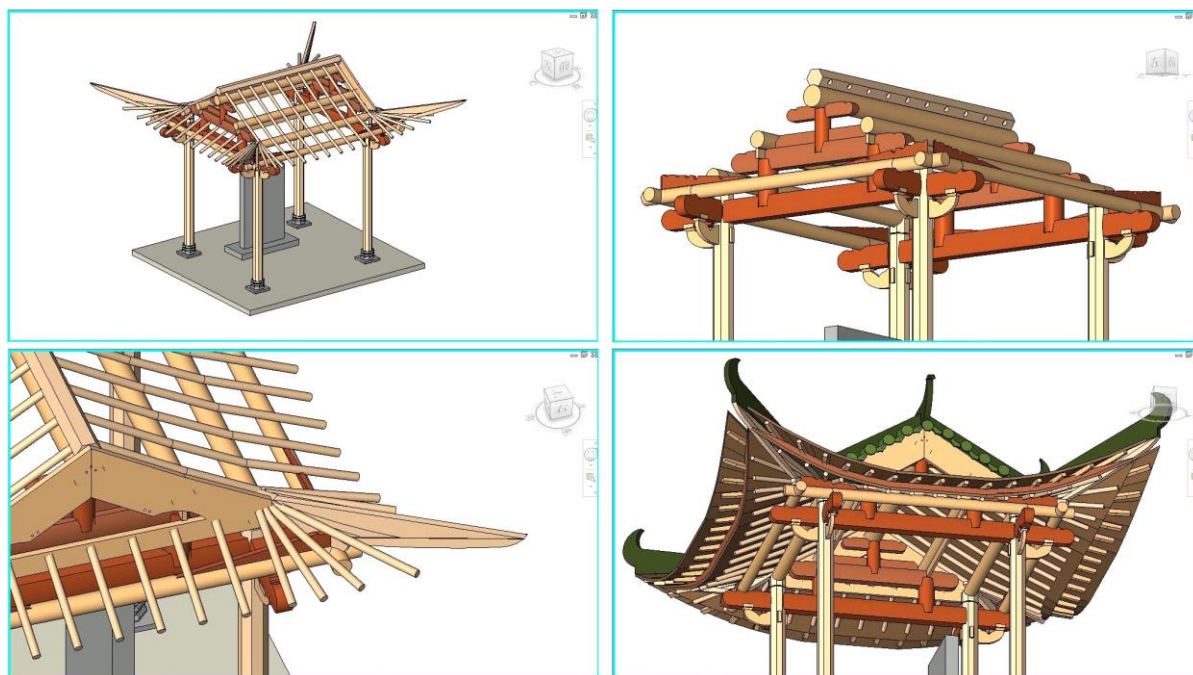


Рис. 3. Элементы доугун и стропильная система крыши беседки

Краткая историческая справка по системе доугун

Доугун (или доу-гун) – это консольная капитель, переходящая в карниз (в дословном переводе означает «выступ» или «карниз»), является чрезвычайно важным элементом в древней китайской архитектуре (вообще в зодчестве буддийского Востока, Кореи, Японии). Главная задача доугуна – поддерживать вынос кровли здания, соединяя опорные столбы и балки обвязки ярусов, а также передавать нагрузку от балок и крыши на колонну. Благодаря своему сложному составу и веками отработанной геометрии такие элементы образовывали довольно эластичную конструкцию и существенно снижали вероятность разрушения здания в результате сильного ветра или землетрясения. При этом доугуны ещё и являлись несомненным украшением всех построек того времени.

Вершиной развития экономики и культуры феодального общества в Китае стал период правления династии Тан. В этот период в строительстве значительно усовершенствовалась конструкция доугуна. В результате была создана совершенно новая форма общей структуры сооружений. В вышедшем в 1103 году трактате «Инцзаофаши» («Методы архитектуры») эту структуру называли «зал дворца». Автор упомянутого уникального труда Ли Минчжун собрал огромный фактический материал по строительству и архитектуре Китая и сделал ценные обобщения, касающиеся вопросов деревянного зодчества. Сегодня работа «Методы архитектуры» считается одним из ранних классических трудов по архитектуре Китая.

Наибольшее развитие, доходящее до совершенства, доугуны получили в период эпохи Тан (618 – 907 гг.) и последовавшей за ней Сун (960 – 1279 гг.). В силу целого ряда причин, прежде всего из-за бурного развития экономики и значительного увеличения строительства, это привело к высокому уровню стандартизации и унификации по предназначению составляющих элементов, что позволило говорить о создании своеобразной *системы доугун*, содержащей для классификации своих компонентов целый ряд параметров.

Ключевым в системе доугун стало понятие *цай* – масштабной размерности или модуля для соотношения элементов. Цай имеет 8 уровней, которые используются в зависимости от размеров здания. Были введены также величины, дополнительно характеризующие расположение элементов в сложных конструкциях: *тяо* – расстояние от главной до второстепенной оси, и *луцзо* – уровень вложенности элементов, а также некоторые другие переменные величины (Рис. 4).

Таким образом, к началу XII века система доугун уже была хорошо описана и стала даже основой для определения размеров и пропорций зданий. Более того, на её основе появилось руководство по расчёту прочности несущих конструкций.

В основном доугуны выполнялись из дерева, хотя этот материал считался в Китае весьма дефицитным. Последнее обстоятельство определило применение доугунов главным образом для дворцов и храмов и сделало их в дальнейшем не только конструктивно необходимыми, но и высокопрестижными элементами здания.

В более поздние периоды китайская архитектура была ориентирована уже на каменные и кирпичные постройки с черепичными крышами, так что большинство элементов системы доугун из дерева перешло в эти новые материалы, сохраняя стиль и красоту, но частично потеряв функциональность. При этом система продолжала развиваться и совершенствоваться вплоть до начала XX века.

Сегодня доугуны – неотъемлемая часть практически всех архитектурных памятников Китая, в стилизованной форме ставших и модными элементами современного строительства (Рис. 5).

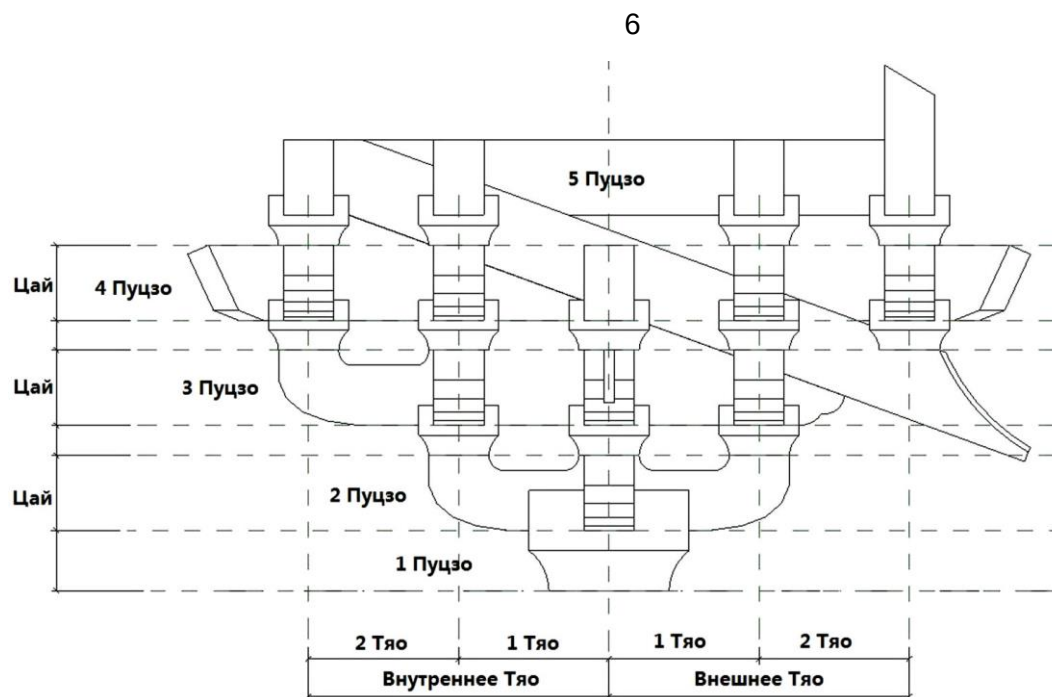


Рис. 4. Пример параметрической иерархии сложного элемента системы доугун



Рис. 5. Храм Шенмудянь (1102 – 1106) в монастыре Цзыньцы в провинции Шаньси – один из дошедших до нас деревянных памятников архитектуры, построенных с помощью системы доугун

Если подытожить сказанное, то в начале XII века в Китае была уже довольно хорошо развита, разделена с помощью параметров и решаемых задач на типы и описана для массового применения в строительной практике система доугун. Говоря современным языком, к началу XII века в Китае был разработан *параметрический классификатор строительных элементов*, а сам процесс проектирования и строительства становился *объектно-ориентированным* на основе библиотечных элементов системы доугун. Фактически существовали разработанные для доугун аналоги наших СНиПов. Не было только компьютеров, а то можно было бы внедрять информационное моделирование здания в сегодняшнем его понимании!

Создание библиотеки элементов системы доугун

Как уже отмечалось, система доугун по своей сути явила миру параметрическую библиотеку базовых элементов, использующихся в объектно-ориентированном проектировании. Поэтому, следуя логике развития доугун, вполне естественным было наше желание:

- 1) Сделать эту систему древнекитайского зодчества интегрированной в современную технологию BIM.
- 2) Создать задел для информационного моделирования с целью музеефикации, исследования и управления обслуживанием памятников древнекитайской архитектуры (даже шире – памятников всего буддийского Востока).
- 3) Адаптировать систему доугун для современной проектно-строительной индустрии.

Фактически в работе была поставлена задача – создать библиотеку параметрических семейств, содержащую все (хотя бы основные) элементы системы доугун. И эта библиотека была создана (Рис. 6).

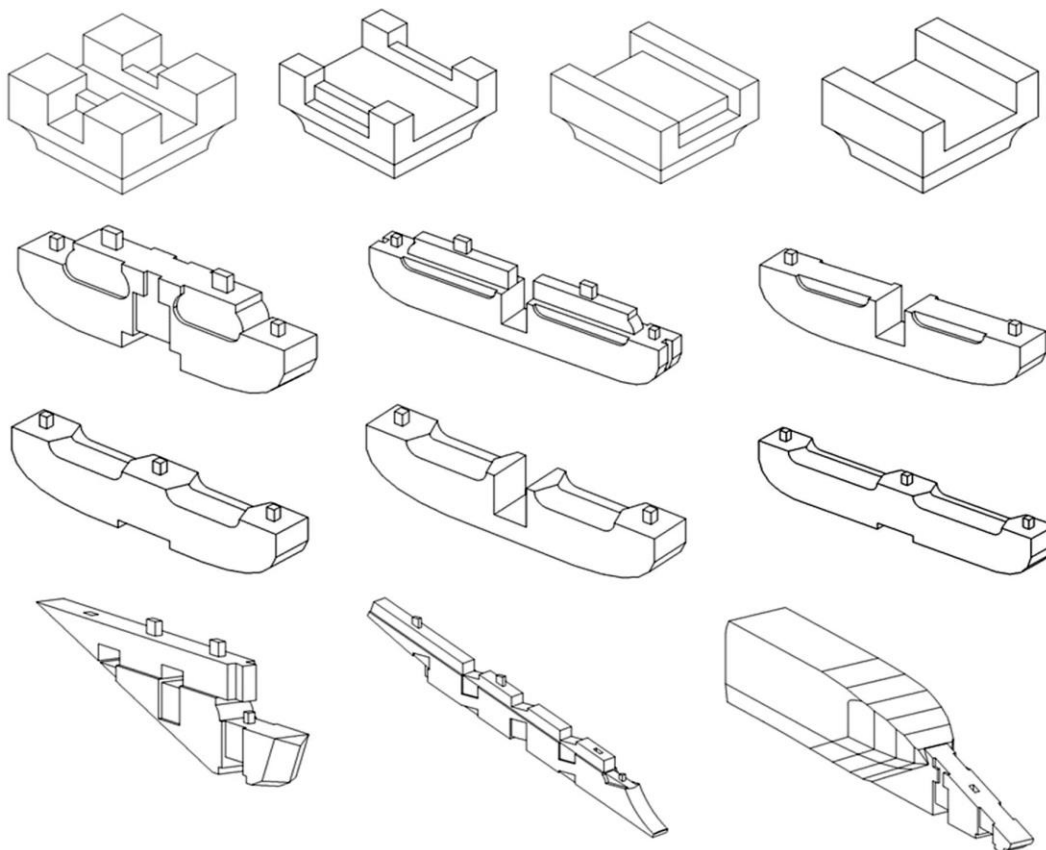


Рис. 6. Некоторые из основных элементов компьютерной библиотеки доугун: общий вид

Основные проблемы, возникавшие при выполнении этого исследования, можно условно разбить на две части, но не этапы, поскольку работа по ним велась одновременно:

1) *Изучение первоисточников.* Во-первых, использованные литературные источники были написаны на старокитайском языке, который уже много десятилетий не используется и является не самым простым для чтения. Во-вторых, дошедшие до нас описания конкретных элементов системы доугун часто состояли из одного плоского чертежа весьма неважного качества и текстового разъяснения к нему. В-третьих, советоваться по системе доугун было практически не с кем.

2) *Создание библиотечных элементов.* Задача требовала хорошо разработанной стратегии моделирования, полного понимания взаимодействия элементов системы и хорошего владения компьютерным инструментарием. При этом объём работы был не только очень большой, но и возрастал по мере нашего понимания и углубления в систему доугун.

Для выполнения задуманного исследования оставался единственно возможный путь – делать всё одновременно. В этом случае трёхмерное моделирование помогало нам понять взаимодействие элементов системы доугун, а каждый успех в прочтении первоисточников добавлял осмысления в моделирование.

В результате на сегодняшний день основная часть работы уже проделана – создано несколько сотен параметрических семейств элементов системы доугун, содержащих в общей сложности более 50 000 типоразмеров, и пополнение библиотеки продолжается. Каждый библиотечный элемент содержит в среднем от одного до двух десятков параметров, изменение которых регулирует форму фигуры в соответствии с принятой в системе доугун классификацией. При этом большинство параметров имеет ограничения по возможным значениям, также связанные с этой классификацией.

Но самое главное – создана определенная методика моделирования, по которой теперь могут работать уже многие специалисты (Рис. 7).

Для упрощения исследования основным языком, на котором выполнялась описанная работа, стал китайский. Но библиотечные элементы можно напрямую использовать в любой локализованной версии Autodesk Revit, в том числе и русскоязычной. Что касается перевода самой библиотеки на другие языки, например, на русский, то эта работа выполнима, но она упирается в отсутствие утверждённого перевода многих терминов, так что можно поступить так, как сделано на рисунке 7, то есть просто использовать для названия элементов их китайское звучание. Хотя само описание на русском языке терминов и структуры элементов системы доугун, облегчающее использование библиотечных элементов, стало неотъемлемой частью проделанной работы по созданию этой BIM-библиотеки и оформлено в виде специального (довольно большого) иллюстрированного словаря (Рис. 8).

Теперь немного об универсальности созданной библиотеки. Как уже отмечалось, её элементы разрабатывались в программе Autodesk Revit. Выбор этой программы был не случаен, поскольку она является одним из наиболее современных и мощных средств информационного моделирования, позволяя работать с большим количеством параметров геометрической формы, а также насыщать модель разносторонней информацией. Другой, сопоставимой по возможностям и распространённости в мире BIM-программой является Bentley AECOsim Building Designer, которая полностью совместима с Autodesk Revit по библиотекам элементов, полностью воспринимая их свойства и параметризацию. Это означает, что созданная библиотека элементов полностью подходит и для этой программы.

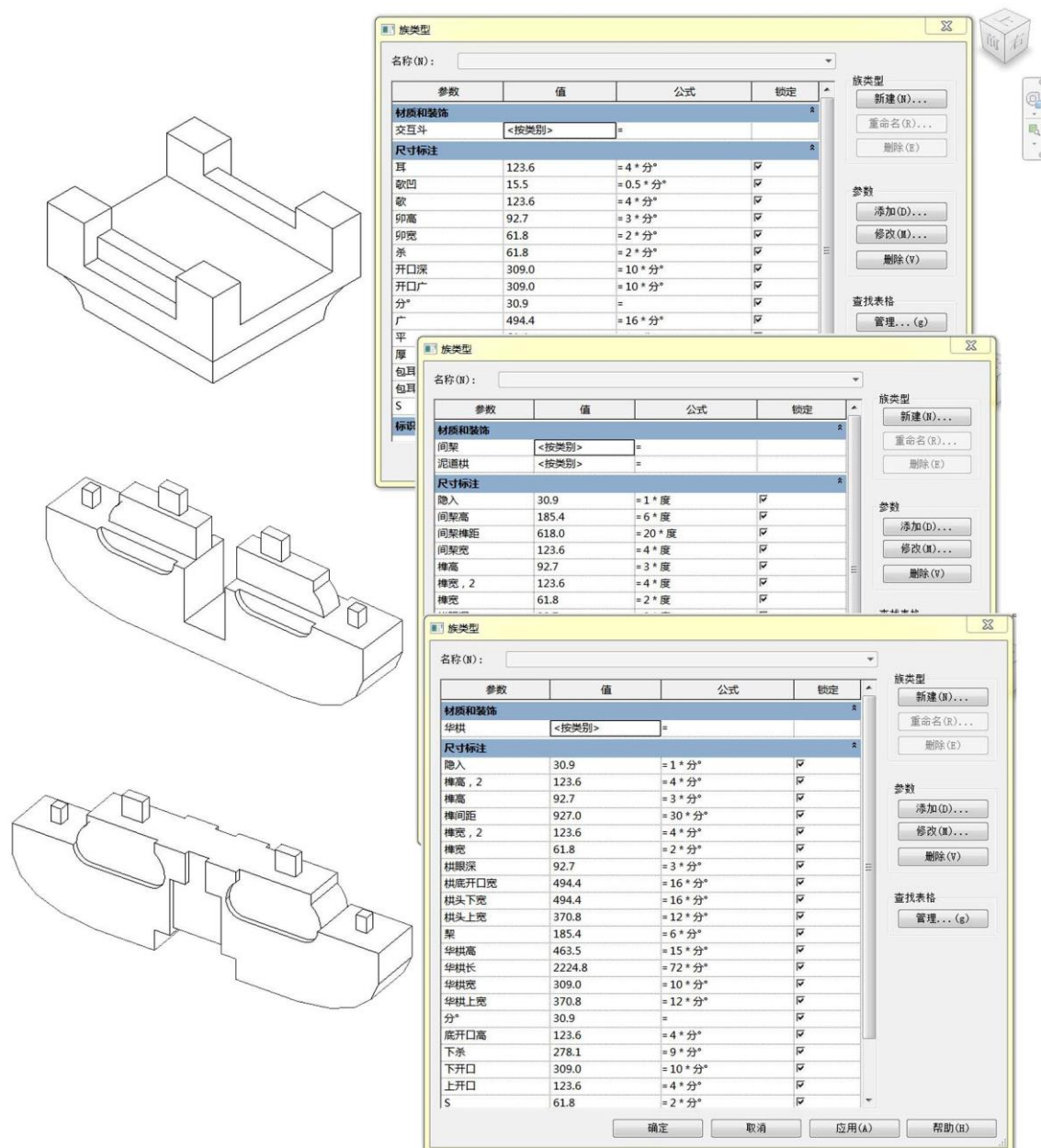


Рис. 7. Некоторые из основных элементов доугун: цзао ху доу, ни дао гун и хуан гун с их таблицами параметров. Изменение параметров приводит к появлению элемента с новой геометрией, но в рамках допустимых ограничений. Работа выполнена в Autodesk Revit

К сожалению, многие другие программы, реализующие в той или иной степени концепцию информационного моделирования, являются более ранними по времени выпуска и потому не поддерживают возможности своих более современных «собратьев». Для взаимодействия с ними существует специальный формат IFC, в который надо переводить элементы библиотеки. Это же относится и к передаче элементов в популярные программы геометрического моделирования и визуализации. Такой перевод весьма прост и предусмотрен в программе Autodesk Revit, но, он приводит к потере многопараметричности элементов. Так что полноценное использование созданной библиотеки элементов системы доугун на сегодняшний день возможно в Autodesk Revit и Bentley AECOsim Building Designer, а также в хорошо совместимых с ними программах.

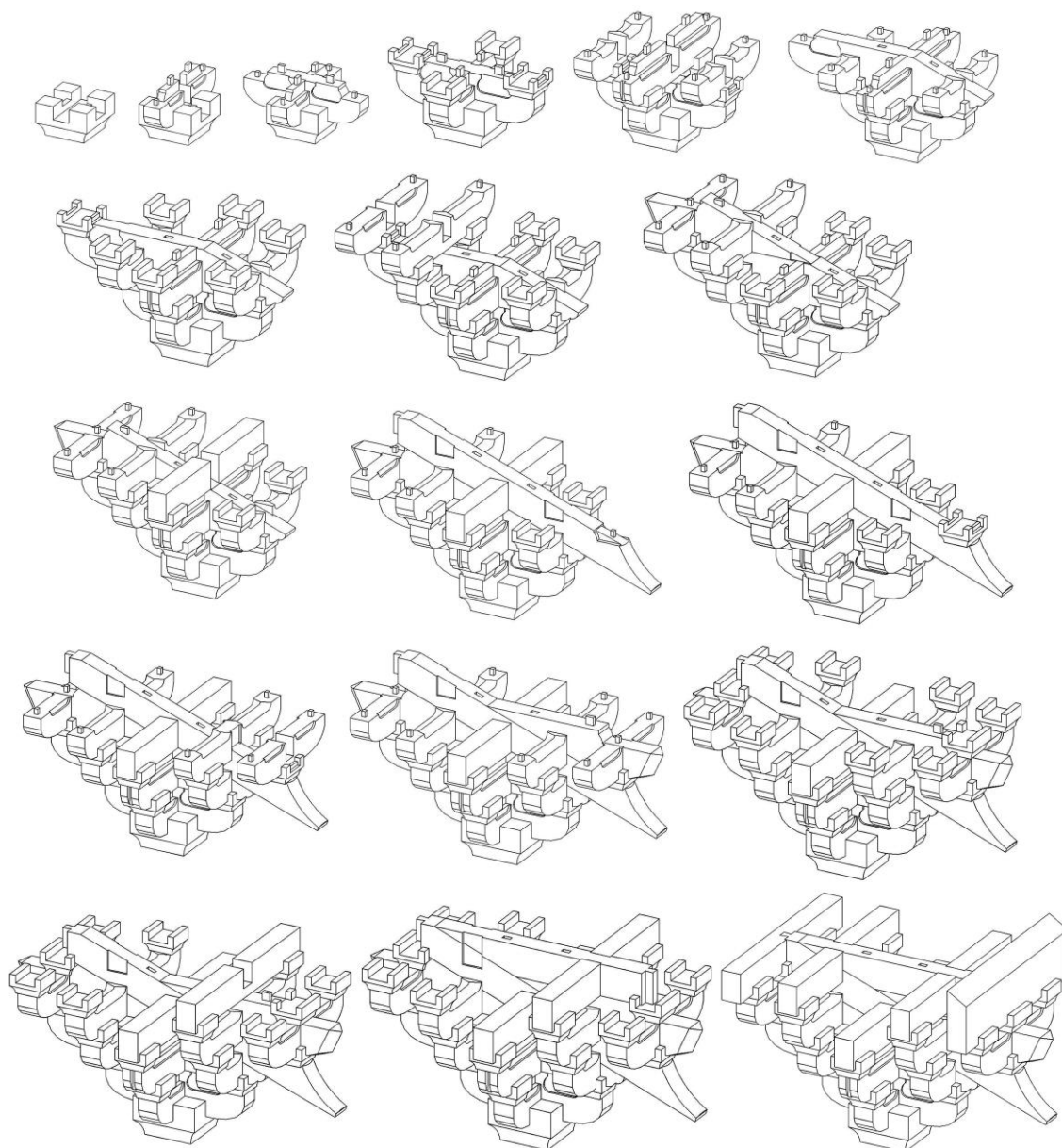


Рис. 8. Пошаговый показ процесса формирования варианта консольной капители из базовых элементов системы доугун

Моделирование памятника архитектуры: храм Шенмудянь

Следующим и вполне логичным шагом после создания библиотеки элементов стала проверка этих параметрических семейств на практике. Для моделирования было решено взять храм Шенмудянь – действующий памятник деревянного зодчества Китая, имеющий возраст более 900 лет (Рис. 5). На выбор именно этого объекта повлияла не только его историческая значимость, но ещё и то обстоятельство, что при его построении использовались доугуны разных типов (двух уровней цай) в зависимости от яруса здания, что позволяло в большем объеме применить созданную параметрическую библиотеку (Рис. 9).

Естественно, здание храма Шенмудянь состоит не только из доугунов, так что при его моделировании пришлось создавать семейства и других конструктивных элементов. Последнее, впрочем, после работы с доугунами большого труда уже не представляло, но также существенно обогатило библиотеку элементов древнекитайского зодчества (Рис. 10).

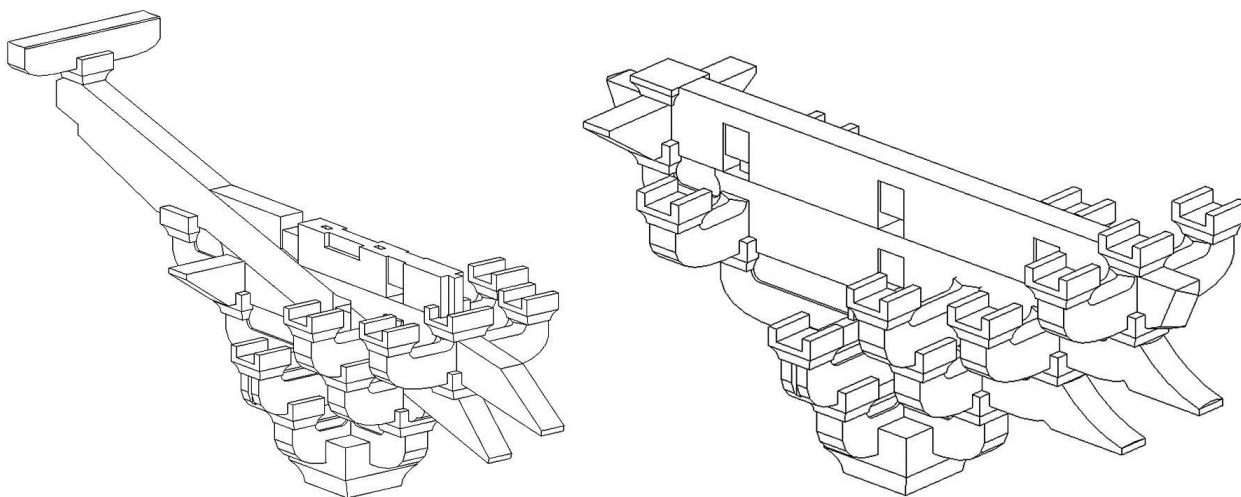


Рис. 9. Пример разных уровней цай: различные типы доугунов на балках вдоль боковой стены под нижней и верхней крышей храма Шенмудянь

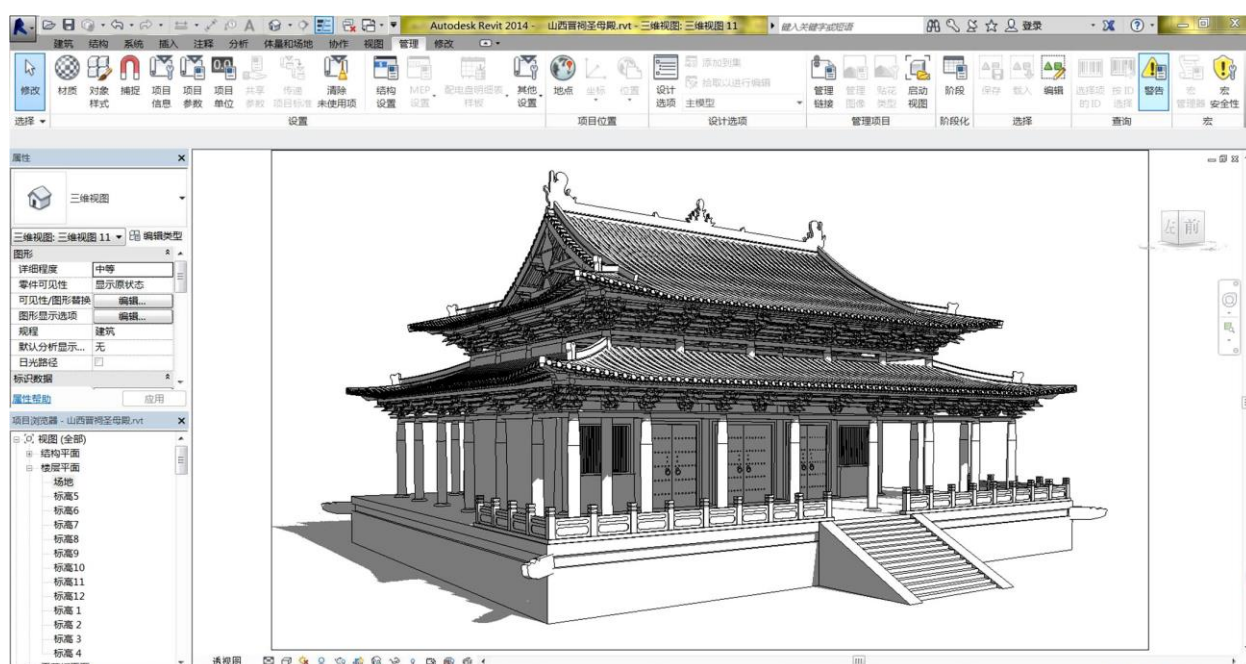


Рис. 10. Модель храма Шенмудянь в интерфейсе Autodesk Revit 2014

Использование библиотечных элементов системы доугун при моделировании храма Шенмудянь себя полностью оправдало. На создание объекта столь высокого уровня сложности при почти полном отсутствии документации по зданию ушло около двух недель. Конечно, огромное значение имело также общее понимание и умение работать с компонентами системы доугун, появившееся в процессе создания библиотеки элементов.

Основные выводы

Разработанная параметрическая библиотека элементов системы доугун, адаптированная для технологии BIM:

1) Позволяет создавать информационные модели памятников архитектуры древнего Китая для их компьютерной паспортизации (фиксации), исследования, реставрации и обслуживания при эксплуатации;

2) Создаёт технологические условия для «возвращения» системы доугун в современное строительство, поскольку делает элементную базу доступной для действующих систем автоматизации проектирования;

3) Может послужить основой для создания библиотек элементов подобных систем, применявшихся в памятниках архитектуры Японии, Кореи и других стран Буддистского Востока.

В 2013 году работа по моделированию системы доугун получила высшую награду проходившего в Москве конкурса Autodesk Innovation Awards Russia.

В заключение автор выражает глубокую благодарность Талапову В.В. за руководство работой, а также компании Autodesk за бесплатно предоставленное программное обеспечение.

Литература

1. Талапов, В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М. : ДМК-пресс, 2011. – 391 с.
2. Козлова, Т.И., Талапов, В.В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры // Международный электронный научно-образовательный журнал "AMIT" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2009/3kvart09/Talapov/Article.php>
3. Козлова, Т.И. Информационная модель недвижимого объекта культурного наследия как новый инструмент работы в музеефикационной практике / Вестник Томского государственного университета. История. – 2013. – №3(23). – С. 33-37.
4. Анисеева, С.О. Об опыте использования технологии BIM для музеефикации деревянных памятников архитектуры // Вестник ТГУ. Культурология и искусствоведение. – 2014. – №1 (13). – С. 31–36.
5. Чжан Гуаньин. Информационное моделирование памятника архитектуры – здания бывшего консульства СССР в Урумчи (КНР) / Вестник Томского государственного университета. – 2013. – №371. – С. 70-71.
6. Талапов, В.В. Технология BIM: суть и основы внедрения информационного моделирования зданий. – М. : ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
7. Талапов, В.В. Информационная модель здания – опыт архитектурного применения // Международный электронный научно-образовательный журнал "AMIT" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marhi.ru/AMIT/2008/4kvart08/Talapov/article.php>
8. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook. Second edition. – NJ: Wiley, 2011. – 626 s.
9. Jernigan F., BIG BIM little bim. Second edition. – Salisbury: 4 Site Press, 2008. – 198 s.
10. Krygiel E., Niec B. Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. - NJ: Wiley, 2008. – 310 s.

References

1. Talapov V.V. *Osnovy BIM: vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy* [Basic BIM: Introduction into building informational modeling]. Moscow, 2011, 391 p.
2. Kozlova T.I., Talapov V.V. *Opyt informacionnogo modelirovanija pamjatnikov arhitektury* [The experiment of informational modeling of architectural monuments]. Available at: <http://www.marhi.ru/AMIT/2009/3kvart09/Talapov/Article.php>
3. Kozlova T.I. *Informacionnaja model' nedvizhimogo ob#ekta kul'turnogo nasledija kak novyj instrument raboty v muzeifikacionnoj praktike* [The information model of the real object of cultural heritage as a new tool works in practice museification. Bulletin of the Tomsk State University. History]. Tomsk, 2013, no. 3(23), pp. 33-37.
4. Anikeeva S.O. *Ob opyte ispol'zovanija tehnologii BIM dlja muzeifikacii derevjannyh pamjatnikov arhitektury* [Experience in the use of BIM technology for museums of wooden architecture monuments Bulletin of the Tomsk State University. Cultural studies and art history]. Tomsk, 2014, no. 1(13), pp. 31–36.
5. Zhang Guanying. *Informacionnoe modelirovanie pamjatnika arhitektury – zdaniya byvshego konsul'stva SSSR v Urumchi (KNR)* [Information modeling monument of architecture - the building of the former Consulate of the USSR in Urumqi (China). Bulletin of the Tomsk State University] Tomsk, 2013, no. 371, pp. 70-71.
6. Talapov V.V. *Tehnologija BIM: sut' i osnovy vnedrenija informacionnogo modelirovanija zdaniy* [BIM technology: the essence and the basics of implementing building information modeling]. Moscow, 2015, 410 p.
7. Talapov V.V. *Informacionnaja model' zdaniya – opyt arhitekturnogo primenenija* [A building information model - experience in architectural applications]. Available at: <http://www.marhi.ru/AMIT/2008/4kvart08/Talapov/article.php>
8. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. *BIM Handbook*. Second edition. NJ: Wiley, 2011, 626 p.
9. Jernigan F. *BIG BIM little bim*. Second edition. Salisbury: 4 Site Press, 2008, 198 p.
10. Krygiel E., Niec B. *Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling*. NJ: Wiley, 2008, 310 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Чжан Гуаньин

Аспирант кафедры «Архитектурное проектирование зданий и сооружений»,
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин),
Новосибирск, Россия
e-mail: clava19890602@qq.com

DATA ABOUT THE AUTHOR

Zhang Guanying

Postgraduate student, chair «Architecture and Building Design», Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin), Novosibirsk, Russia
e-mail: clava19890602@qq.com