

ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ АРХИТЕКТУРЫ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

УДК: 72.021

ББК: 85.110

Идентификационный номер Информрегистра: 0421200020\0005

Бабич Владимир Николаевич

кандидат технических наук, профессор,
“Уральская государственная архитектурно-художественная академия”,
г. Екатеринбург, Россия



Кремлев Александр Гурьевич

доктор физико-математических наук, профессор,
“Уральский федеральный университет им.Б.Н.Ельцина”,
г. Екатеринбург, Россия



Аннотация

Современная практика решения задач архитектуры и градостроительства характеризуется высоким уровнем применения методов математического моделирования социальных, экономических, технологических и иных процессов и объектов городской среды, объемной и качественной информационной поддержкой (на основе широкого и многоуровневого внедрения вычислительной техники, телекоммуникационных средств и цифровых линий связи в сочетании с использованием высокоточных измерительных технологий, совершенствования и специализации применяемых информационных технологий и средств их обеспечения).

Ключевые слова

информационно-математическое моделирование, алгоритм, системный анализ, математика в архитектуре

Математик, так же как художник или поэт, создает узоры.

*И если его узоры более устойчивы,
то лишь потому, что они составлены из идей.*

Г.Х. Харди

Процесс информационно-математического моделирования (ИМ-моделирование) включает сбор необходимой информации (в соответствии с поставленной целью), составляющей (определяющей) информационную модель исследуемого объекта, обработку полученных данных (их организацию или структурирование) и алгоритм преобразования этих данных (инкапсуляцию), формирование математической модели объекта, геометризацию модели (компьютерную визуализацию), выполнение геометрических построений (преобразований).

Всякая математическая модель есть некоторая абстракция, отражающая выбранные существенные свойства рассматриваемых реальных объектов, процессов. В результате процедуры выделения и формализации получают математическое описание явления, т. е. его математическую модель, которую далее можно исследовать математическими методами. Использование математических моделей и результатов исследований этих моделей происходит на основе их интерпретации в реальных ситуациях. При этом использование будет оправданным и эффективным, если модель будет достаточно

адекватной, а полученные математические результаты практически реализуемы. Для понимания некоторого данного явления (на основе его математического описания) математика вырабатывает, подобно обычному языку, метафоры (образные представления), позволяющие объяснить это явление, ставя ему в соответствие другое явление, более привычное или воспринимаемое как таковое.

Наряду с математическими методами решения используются информационные (компьютерные) технологии, проводятся вычислительные эксперименты, выполняется численная обработка математической модели. При этом особо следует отметить возможности применения современных информационных технологий, использование специализированных автоматизированных средств для обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей. Геометризация объектов градостроительной (архитектурной) практики использует методы геометрического моделирования, позволяющие визуализировать исследуемые объекты (а точнее, их модели). Характерной чертой ИМ-моделирования архитектурных объектов является формирование и использование скоординированной, внутренне согласованной, системно-рассчитываемой информации о проектируемом объекте, соответствие создаваемых моделей и строительной документации.

Методология системного анализа в ИМ-моделировании. Процесс ИМ-моделирования реального объекта (процесса) необходимо рассматривать с позиций системного анализа. При этом изучение (исследование) объекта с целью построения достаточно адекватной модели, или при проектировании нового объекта, предполагает сбор данных об объекте (его характеристиках, свойствах) в виде табличных, графических (геометрических) и иных материалов. При этом используются различные системные представления, выражающие основные способы понимания системы, взаимосвязанные и взаимодополняющие друг друга. Любой инженерно-технический объект (общественное здание, сооружение, жилой ансамбль, техническое устройство, механизм, транспортная сеть, промышленный комплекс и др.) можно рассматривать как сложную систему, обладающую определенной морфологией, функциональной направленностью, системной целостностью, средовой характеристикой и т. д. Поэтому для построения синтетического описания (модели) объекта, как сложной системы, необходимо провести качественный анализ данных, выявление существенных характеристик, определение структуры, связей, функциональных возможностей и т. д. Далее следует выразить выявленные характеристики через параметры (переменные) модели.

Изучение таких многоэлементных систем связано с необходимостью учитывать и оценивать множество разнообразных по своей природе факторов в условиях неопределенности и недостаточной информированности (в рамках некоторой сконструированной системной модели). Методология системного анализа включает в себя выявление всех системообразующих связей, отношений, факторов, конструкций [1]. При этом системное исследование включает следующие аспекты:

- компонентный, отражающий изучение состава системы (с выделением компонентов, взаимодействие которых обеспечивает целостность системы);
- структурный, предусматривающий изучение внутренних связей и взаимоотношений элементов системы, выяснение роли и функции каждой связи (т. е. структура, конфигурация, топология);
- функциональный, определяющий изучение информационно-функциональных зависимостей (функциональной организации);
- коммуникационный, характеризующий изучение системы во взаимодействии с окружающей средой, анализ возмущающих факторов;
- процессуальный, рассматривающий развитие системы во времени (изменение состояния системы, ее элементов и связей между ними, системного поведения), возможные перспективы развития.

Общая схема (представление) ИМ-моделирования (рис. 1) включает три опорных составляющих:

- математическое моделирование, включающее формализацию описания реального объекта (процесса) с помощью математической символики (в рамках некоторой математической теории);
- информационное обеспечение, включающее информационные технологии и алгоритмические средства, позволяющие выполнить формирование массивов данных, составляющих информационное описание реального объекта (процесса), их обработку (организацию или структурирование) и анализ;
- геометрическое моделирование, определяющее геометрическую (графическую) интерпретацию и визуализацию массивов данных (информационного описания), математической модели – в виде



Рис.1. Составляющие информационно-математического моделирования.

геометрических фигур, графических материалов (схем, диаграмм, графов и др.).

Каждая из опорных составляющих характеризует определенный подход к описанию и изучению исследуемого объекта, включает своеобразное его представление, отражая определенным образом различные аспекты системного анализа, обеспечивая полноту исследования совместным дополнением разных системных представлений. При этом каждая из опорных составляющих является источником геометрических процедур (геометризации), применяемых к модели (в процессе ИМ-моделирования).

Геометрическое представление объекта является важнейшей частью архитектурного проектирования. Например, геометризация формы здания (сооружения) позволяет осознать объемно-пространственные характеристики объекта (композицию, пространственную организацию, художественное выражение), выявить особенности геометрии объекта с позиций аэродинамики, экологичности, экономичности, определить оптимальное размещение конструктивных элементов, оценить объем здания (и, следовательно, расход материалов), выбрать рациональные технологии строительства (планировать строительные работы) и др.

Геометрическое моделирование позволяет с помощью геометрических преобразований

исследовать пространственные (пространственноподобные) формы, отношения (количественные и качественные), закономерности, свойства, присущие объектам. В геометрической модели могут отображаться элементы разной размерности (в каких-либо сочетаниях и отношениях между собой), имеющие свою внутреннюю структуру, выражающие числовые топологические инварианты определенного типа. Геометрические модели включают и количественные отношения элементов модели: количественные характеристики геометрических фигур, полученные в результате измерений, функциональные зависимости между параметрами модели и их аналитические обобщения, связанные с производными, интегралами и т. д., алгебраические выражения, определяющие (направленные на) численную реализацию количественных (и качественных) закономерностей (свойств) модели (а, следовательно, и реального моделируемого объекта).

Разработка новых методов геометрического моделирования (с применением современных математических понятий и теорий), направленных на совершенствование (модернизацию) существующих технологий и средств промышленной геометризации (включая средства измерения, векторизации, системы автоматизированного проектирования – САПР), предполагает создание на их основе вычислительных алгоритмов (процедур) и последующее внедрение в практическую сферу в виде программных продуктов.

Процесс геометрического моделирования включает описание последовательности применения операций конструктивной геометрии при создании геометрической модели. Практическая реализация процесса основана на задании информации (вводе данных в виде информационного массива) о наличии, размере и месте расположения элементов объекта, что необходимо для автоматического синтеза технологического процесса проектирования (производства) объекта.

Методы геометрического моделирования разнообразны. Можно отметить следующие распространенные методы (способы):

- геометризация аналитического описания модели (в т. ч. математической аппроксимации объекта), формирование поверхности сложной формы, описываемой нелинейными уравнениями, результатов итерационных и рекурсивных процедур;

- представление формы объекта в виде конечного множества линий, лежащих на его поверхностях;

- отображение формы объекта с помощью ограничивающих ее поверхностей (например, в виде совокупности данных о гранях, ребрах и вершинах);

- построение кинематической модели объемного тела на основе функции заметания – создания тел путем перемещения плоской фигуры (контура) по заданной траектории или вращением фигуры;

- построение поверхностной модели, когда поверхность задается несколькими сечениями с дальнейшей интерполяцией между этими сечениями;

- моделирование на основе функции скиннинга, которая позволяет создавать объемное тело, натягивая поверхность на заданные плоские поперечные сечения тела;

- проективные методы начертательной геометрии;

- параметризация модели – введения числовых параметров в описания геометрических взаимосвязей (выражающих отношения геометрических элементов объекта) и соотношения, связывающие заданные размеры элементов объекта;

- геометрическая комбинаторика и технологическая обработка средствами компьютерной визуализации.

При обработке информационных данных, определяющих геометрическую модель, для возможности ее визуализации формируют сетевую структуру данных из конструктивных элементов и связей между ними, определяются пространственные и количественные отношения элементов модели.

Существуют различные способы аппроксимации (для визуального представления объемных объектов геометризации):

- каркасные модели, конструктивными элементами которых являются ребра (в виде кривых, проходящих через узлы) и точки (узлы сети), а соответствующее математическое описание представляет собой набор уравнений кривых (на поверхности), координат точек; аппроксимирующими поверхностями являются (в основном) плоскости или квадратики (с возможностью аналитического описания), используются также иные типы поверхностей (линейчатые, Безье);

- полигональные (многогранные) модели, каждая грань которых является простейшим плоским

многоугольником, при этом точность аппроксимации требуемой поверхности зависит от числа граней многогранника;

- сплайн-модели, в которых допускается использование поверхностей (второго и большего порядка) и криволинейных аналитически неопределяемых поверхностей, форму которых можно определить с использованием различных методов интерполяции или аппроксимации.

Геометризация представления является эффективным средством визуализации мышления как в процессе аналитического исследования модели, так и при разработке вычислительного алгоритма. Оптимизация и оценивание, как правило, присутствуют в задачах инженерной практики, включая архитектурные и градостроительные вопросы эксплуатации. В целом, процесс проектирования сводится к сложной проблеме оптимизации: необходимо выбрать объемно-планировочную структуру архитектурного объекта, которая должна обеспечивать комплексное решение функциональных, конструктивных и эстетических требований, а также социальных, экономических, санитарно-гигиенических, экологических, инженерно-технических аспектов. Поэтому формирование и исследование оптимизационных моделей (на основе численных методов оптимизации функций) является необходимой компонентой решения этих задач. Геометризация объекта проектирования позволяет рассмотреть различные варианты, внести уточнения (изменения), в том числе в аналитическое описание модели. Вариативность модели – способность видоизменения отдельных элементов (частностей) при общем сохранении основной композиции – важное качество модели.

Визуализация модели проектируемого объекта предполагает использование разноформатных данных (текстовых, числовых, графических), получаемых из различных источников (фото- и видеоматериалы, информационные базы данных, техническая документация, справочная информация, графические архивы и др.). Применение компьютерных средств визуализации (машинной графики, компьютерной анимации) предоставляет возможность интерактивной работы с моделью, выполнение различных геометрических преобразований, внесение конструктивных изменений с последующим просмотром, сдвиг, поворот, масштабирование, что позволяет рассматривать объект под любым углом. Функциональные возможности, предоставляемые используемой компьютерной информационной системой, определяются составом аппаратных средств и программным обеспечением.

Итак, ИМ-моделирование архитектурного объекта – это процесс создания визуализируемой модели объекта на базе математического описания характеризующих объект зависимостей и отношений, геометризации объекта и информационной оболочки, реализуемой в соответствующей программной среде используемых программно-аппаратных средств.

Особенности ИМ-моделирования архитектурных объектов. Проектирование архитектурного объекта, градостроительного комплекса (планировочной структуры) выполняется на основе выработанной концептуальной композиции определенного архитектурного пространства, характеризующей авторский замысел относительно используемых форм, элементов, конструкций, их взаимосвязи (с учетом принципов пропорциональности и масштабности), предназначенных для реализации требуемого функционального назначения и смыслового художественного образа. Концептуальная модель определяется как объемно-пространственная композиция, в которой функциональные, конструктивные и эстетические качества архитектуры, отражающие технологичность, экологичность, надежность и образное решение, т. е. сочетание пользы, прочности, красоты, взаимосвязаны.

Современное состояние научно-технической базы существенно расширяет возможности архитектуры. Предлагаемые решения, определяющие сегодня архитектурные композиции (и поиск новых концептуальных представлений), выполняются в соответствии с эволюционной формулой: материалы → технологии → формы (рис. 2). Новые строительные технологии в сочетании с материалами, обладающими более совершенными формообразующими и пластическими свойствами, стимулируют разработку архитектурных объектов, имеющих экстерьер с необычными эстетическими качествами.

При этом форма и конструкция взаимосвязаны. Конструкция является носителем эстетической информации. Форма должна отвечать назначению объекта (в рамках концептуальной композиции), конструктивной схеме, определяющей его структуру, соответствовать используемому материалу.

Форма и конструкция изделия существенно зависят от материала. Конструкция следует логике материала (его строительным свойствам). В целом многие конструктивные схемы



Рис.2. Симбиоз качества и эволюции архитектурной композиции

1. Жилой массив Habitat (Канада, Монреаль). Архитектор Моше Сафди.

источник: <http://www.archi.ru/files/img/news/large650/62173.jpg>

2. Здание Национального Конгресса (Бразилиа, Бразилия). Архитектор Оскар Нимейер.

Источник: <http://www.archi.ru/files/img/news/large650/65693.jpg>

3. Бруклинский мост (США).

Источник: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f0/Brooklyn_Bridge_Postdf.jpg

4. Сиднейский Оперный Театр (Австралия).

Источник: <http://www.ozshots.com/special/sydney/images/pict1213.jpg>

5. Автомобильная развязка в районе Пуши (Шанхай, Китай). Источник:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Viaduct_in_Puxi%2C_Shanghai.jpg

6. Вид на центральный Манхэттен со здания Эмпайр-стейт-билдинг (Нью-Йорк, США).

Источник: <http://www.usa-for.me/img/new-york.jpg>

находятся в непосредственной связи с конкретными материалами (хотя существуют и достаточно универсальные конструктивные схемы, которые могут быть выполнены в различных материалах).

Конструктивные элементы, выполняя определенные функции и обеспечивая необходимую устойчивость, жесткость и прочность объекта (в целом и отдельных частей), имеют свою типологию, и изготавливаются из соответствующих строительных материалов. При этом существует определенная автономность конструктивных элементов. Например, для одного и того же конструктивного остова здания (сооружения) подбирается внешняя оболочка из различных материалов, применяется разнообразный декор и конструктивное решение деталей. Или, наоборот, при сохранении формы и конструкции внешней оболочки здания (сооружения), существенно изменяется его внутренняя пространственная структура и конструкция.

Архитектоника, выражающая композиционную структуру архитектурного объекта (зданий, инженерных сооружений), градостроительного комплекса, определяется объемно-пространственными закономерностями, которые отражаются в организации и строении объекта (во взаимосвязи и взаиморасположении элементов, его частей, в ритмичном строе форм, в пропорциях, цветовом строе произведений и т.п.). Возможность технической реализации архитектурной композиции определяется уровнем существующих (применяемых) строительных технологий, набором материалов, со свойствами, отвечающими (обеспечивающими) форме и конструкции с заданными параметрами (качествами, характеристиками).

Как уже отмечалось, для создания информационно-математической модели (ИМ-модели)

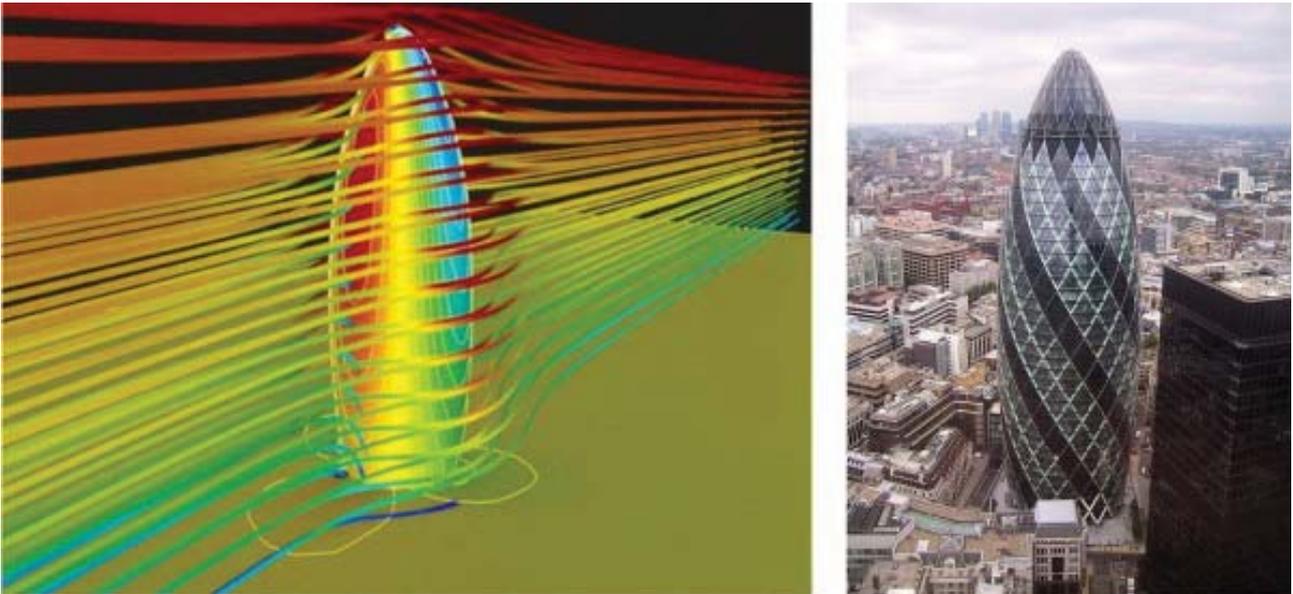


Рис. 3. Небоскреб 30 St Mary Axe (архитектор Норман Фостер). Image © Foster + Partners. Модель воздушных потоков вокруг здания и общий вид.



Рис. 4. Зал London City на реке Темзе. Image © Foster + Partners. Винтовая лестница внутри здания и общий вид.

реального объекта градостроительной (архитектурной) практики, включая производственные комплексы и инженерно-технические сооружения, прежде всего, необходимо организовать сбор эмпирической информации о данном объекте (данные, отражающие экстерьер/интерьер объекта, объемно-планировочные и функционально-планировочные характеристики, показатели конструктивных элементов, техническая документация, графические материалы и др.). Затем обобщить полученные сведения, произвести на основе системного подхода математико-статистический (экономический, технологический) анализ, выделить связи, структуру, зависимости (количественные и качественные), выполнить информационную обработку, подготовить аналитическое представление [2].

В процессе проектирования (на разных стадиях) необходимо учитывать:

- топографические данные, схемы и планы территорий, транспортных развязок, сетей, магистралей, планировки различных функциональных зон (жилых, промышленных и др.);
- природные особенности территорий (климатические, геолого-биологические и т.п.);
- технические условия последующего функционирования объекта, особенностей производственного процесса, мониторинга территории, объекта (с точки зрения безопасности эксплуатации, экологии и т. п.);
- национальные, историко-культурные традиции;
- социальные требования.

Таким образом, проектирование в условиях сложившегося городского окружения (конкретного архитектурного пространства) требует тщательного учета всех факторов существующего контекста, включая градостроительную приемственность, визуальный анализ, экологическую безопасность,

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА

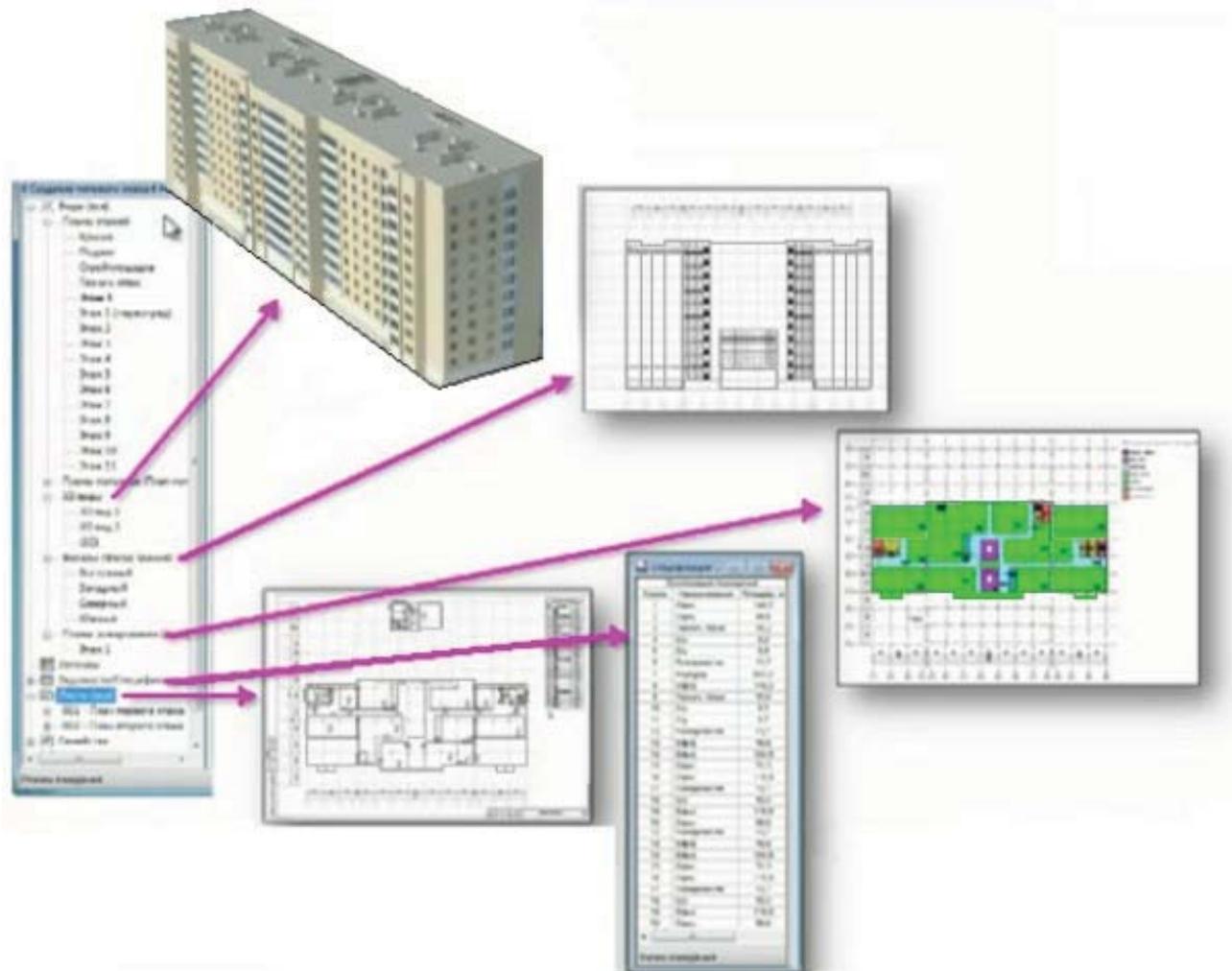


Рис. 5. Компьютерное проектирование архитектурного объекта

экономическую достаточность, историческую и культурную привязку, что должно найти отражение в концептуальном изложении проекта и определяет обоснованность предлагаемой архитектурной композиции. Неоправданно резкое изменение объемно-пространственных характеристик (например, включение высотных зданий в исторические центры, разрушение композиционно-пространственной целостности сложившейся архитектурной среды) ведут к изменению морфологии исторического места, панорамы города, нарушению планировочной структуры, что определяет диссонанс, рассогласование компонентов архитектурной среды.

Математические расчеты в архитектуре и строительстве обязательны, необходимы и имеют широкий спектр. Любые конструктивные решения, реализующие архитектурные композиции, должны быть математически обоснованы. Связь архитектуры и математики сложилась исторически (например, древнегреческие и римские архитекторы должны были быть математиками). Математическое описание архитектурного (строительного) объекта включает расчет геометрических характеристик, определяющих форму объекта (объемно-пространственные показатели); расчет оснований и фундаментов, расчет несущих конструкций зданий и сооружений, определение предельных состояний, нагрузок (эксплуатационных, ветровых, природных и др.), расчет устойчивости конструкции, оптимизацию выбора материалов, экономические расчеты, проектирование инженерных систем и многое другое.

Математическое решение архитектурной композиции определяет не только конструктивные и технологические параметры проектируемого объекта, но и его эстетику. Например, выбор формы, дизайна небоскреба 30 St Mary Axe в Лондоне (его геометрических особенностей) определялся, прежде

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

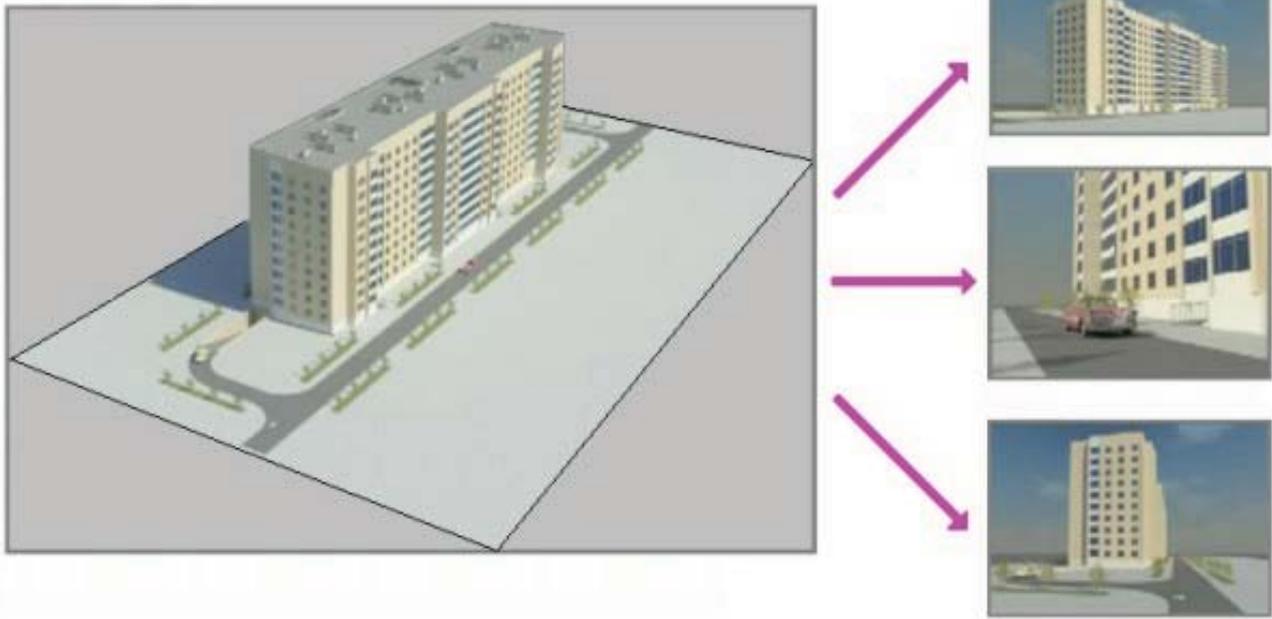


Рис. 6. 3D модель архитектурного объекта

всего, технологическими, экологическими и экономическими аспектами [3]. Это оптимизация (в сочетании) таких факторов как устойчивость здания, максимально естественная вентиляция воздуха (экономия на кондиционерах) и приток солнечного света (экономия на отоплении и освещении). Спиралевидная конструкция (план одного этажа повернут на несколько градусов по отношению к нижележащему) позволяет увеличить вентиляционные свойства (рис. 3). В результате, здание обладает значительной энергосберегаемостью по сравнению с другими объектами, имеющими сопоставимые размеры.

London City Hall имеет почти сферическую форму (рис. 4), причем перекося здания способствует повышению энергосберегаемости. Геометрия здания и его внутреннего пространства отвечают максимизации естественной вентиляции. Винтовая лестница лондонской мэрии сконструирована по результатам акустического анализа помещения [3].

Информационная обработка всех полученных данных (полученных в процессе ИМ-моделирования) организуется посредством процедур структурирования и представления в виде информационных баз с определением взаимосвязей между базами. Наряду с полученными базами данных используются распределенные информационные базы, доступные разным пользователям компьютерной сети. Хранящаяся в них информация содержит сведения, относящиеся к области архитектуры и строительства (справочная, технологическая, конструкционная, эксплуатационная, нормативная и др.). ИМ-моделирование ориентировано, прежде всего, на компьютерные технологии, и поэтому важное значение имеет выбор такого комплекса программных и аппаратных средств, который достаточен для выполнения поставленных задач архитектурного проектирования с подготовкой необходимой расчетной и графической информацией, представляемой в проектной документации, в приемлемое время.

Компьютерная визуализация ИМ-моделей архитектурных объектов. Визуализация проектируемого объекта – наглядное представление архитектурной композиции в перспективных и панорамных изображениях, макетах, трехмерных компьютерных моделях (3D модели). Информационные технологии и программные средства компьютерной графики позволяют сделать процесс визуализации архитектурного объекта более оперативным, содержательным и убедительным.

Трехмерное компьютерное моделирование является эффективным средством проектного поиска и наглядного представления проекта, поскольку позволяет создавать различные вариативные пространственные композиции на базе одной модели. При этом вариативность обеспечивается

возможностью непосредственного выбора различных форм, цвета, фактур, материалов и др. На основе 3D модели могут быть получены фотореалистичные видовые кадры, которые при помощи компьютерного монтажа могут быть вписаны в фотоизображения контекста (окружающей среды).

Компьютерная визуализация архитектурного объекта, обеспечивая наглядность его представления, является средством поиска, анализа и принятия продуманного решения функциональных, эстетических и конструктивных задач архитектурной и градостроительной практики.

Количество параметров, характеризующих поведение (функциональные и конструктивные свойства) реальной системы (проектируемого объекта), очень велико. Огромная трудоемкость процессов обработки и выявления характеризующих признаков и зависимостей, наличие случайных факторов, влияющих на поведение реального объекта, сложность представления этих зависимостей, связей, функциональных особенностей в аналитической форме – все это требует значительных усилий при формировании ИМ-моделей объектов архитектуры и градостроительства. Использование компьютерных технологий при проведении ИМ-моделирования позволяет оперативно произвести обработку большого объема информации, интенсифицировать требуемые расчеты, провести экспериментальные исследования поведения реальной системы (процесса, объекта) при различных возможных вариантах на основе параметризации модели. ИМ-моделирование обеспечивает сопровождение в процессе реализации архитектурного замысла по всей цепочке: композиция – проектирование – рабочая документация – строительство.

Использование специализированных автоматизированных средств позволяет осуществлять проектирование на основе гибридного моделирования в диапазоне от проволочной (каркасной) геометрии до технологий параметрического моделирования с использованием твердых тел и сплайн-поверхностей (например, SolidWorks – программный комплекс САПР). Современное программное обеспечение для объемного моделирования и проектирования отличается интерактивной трехмерной графикой, высокого качества визуализацией поверхностей и моделей объектов. Именно создание объемной компьютерной модели объекта (в сочетании с аналитическим описанием) позволяет качественно решать основные задачи планировочного структурирования. При этом трехмерная визуализация объемной модели обеспечивает всестороннее изучение объекта, предоставляя такие функциональные возможности, как задание направления взгляда (изменение точки зрения, угла обзора), обзор модели «изнутри» (вдоль заданной траектории), масштабирование, геометрическое построение разрезов, сечений, проекций, формирование различных объектов технологического и конструктивного характера внутри модели, интерактивное отображение координат элементов модели.

Специализированное программное обеспечение позволяет выполнить расчетно-проектные работы, геометризацию объектов, экономико-математический анализ, информационное сопровождение процессов технологических разработок.

Технология «виртуального здания», поддерживающая связь с информационной базой данных, основана на концепции параметрического моделирования объекта – способности координировать (учитывать) все внесенные изменения и обеспечивать постоянную согласованность всех элементов модели. Таким образом, параметрическая модель здания объединяет собственно 3D модель и внешние данные, причем модель корректно обновляется при изменении ее отдельных элементов, предоставляя соответствующее визуальное изображение. При таком подходе строительный объект проектируется фактически как единое целое. Изменение какого-либо одного из его параметров влечёт за собой автоматическое изменение остальных связанных с ним параметров и элементов проектируемой структуры, вплоть до чертежей, визуализаций, спецификаций, рабочей документации.

Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют выполнить проектную графику (чертежи), оперативно редактировать и автоматически рассчитывать необходимые параметры (показатели), использовать средства технологической и морфологической комбинаторики. В настоящее время активно используются такие САПР, как, например, Autodesk AutoCAD или Graphisoft ArchiCAD (поддерживает технологию «виртуального здания»). Для создания объектов (конструктивных элементов) со сложной, нестандартной геометрией – Cinema 4D (фирмы MAXON), Autodesk 3ds Max. Эти программные системы поддерживают анимацию и высококачественный рендеринг.

Совершенствование методологии применения ИМ-моделирования при решении архитектурных задач позволяет расширить спектр направлений осознанного поиска новых архитектурных



Рис. 7. Включение в окружающую среду архитектурного объекта на основе 3D модели

форм, углубить исследование аспектов формообразования (с позиций современных объемно-пространственных подходов, включая фрактальный морфогенез [4]), более качественно выполнить анализ пространственной конфигурации города и разработать перспективную градостроительную модель, автоматизировать графоаналитические проектные расчеты.

Библиография

1. Бабич В.Н. Методология системного анализа в архитектуре [Электронный ресурс] / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлёв, Л.П. Холодова // Архитектон: известия вузов. – 2011. – № 34. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2011_2/3
2. Бабич В.Н. Об информационно-математических технологиях в горногеометрических задачах / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлёв // Известия вузов. Горный журнал. – Екатеринбург: УГГУ. – 2010. – № 7. – С.72-77.
3. Freiburger M. Perfect buildings: the maths of modern architecture. / M. Freiburger // Issue 42. Submitted by plusadmin on March 1, 2007.
4. Бабич В.Н. О фрактальных моделях в архитектуре [Электронный ресурс] / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлёв // Архитектон: Известия вузов. – 2010. – № 30. – Режим доступа: http://archvuz.ru/2010_2/2

Статья поступила в редакцию 13.02.2012

IT-BASED MATHEMATICAL MODELLING FOR ADDRESSING ARCHITECTURE AND TOWN-PLANNING CHALLENGES

Babich Vladimir N.

C.Sc. (Technology), Professor,
Ural State Academy of Architecture and Arts,
Ekaterinburg, Russia

Kremlev Alexander G.

D.Sc. (Physics and Mathematics), Professor,
Ural Federal University,
Ekaterinburg, Russia

Abstract

Contemporary architecture and town-planning practice is characterised by broad use of mathematical modelling methods for simulating social, economic, technological and other processes and objects in a city environment, supported by massive high-quality information (based on wide and multilevel use of computer facilities, software and hardware).

IT-based mathematical modelling includes relevant data gathering, data processing (data management or structuring), data transformation algorithm (encapsulation), development of a mathematical model, model geometrisation (computer visualisation), and geometric constructions (transformations).

Any mathematical model is some sort of abstraction reflecting chosen essential properties of objects or processes under consideration. The selection and formalisation procedure provides a mathematical description of the phenomenon, i.e. its mathematical model which can be further investigated by mathematical methods. The use of mathematical models and modelling results takes place on the basis of their interpretation in real contexts. Their use will be justified and effective if the model is sufficiently adequate and mathematical results may be practically implemented. To understand a certain phenomenon (on the basis of its mathematical description) mathematics develops, like any usual language does, metaphors (figurative representations) making it possible to explain this phenomenon by associating it with another phenomenon which is more habitual or perceived as such.

Along with mathematical methods, use is made of information (computer) technologies for problem solving, computing experiments are performed, and the mathematical model is numerically processed. Particularly noteworthy are the capabilities of contemporary information technologies and software for processing spatial information and constructing digital 3D models. Geometrisation of town-planning (architectural) projects involves the use of geometric modelling methods enabling professionals to visualise objects under investigation or, more precisely, their models.

Key words

IT-based mathematical modelling, algorithm, systems analysis