

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР

УДК: 72.01
ББК: 85.110

Бабич Владимир Николаевич

кандидат технических наук, профессор,
Уральская государственная архитектурно-художественная академия,
Екатеринбург, Россия, e-mail: v.n.babich@mail.ru

Кремлев Александр Гурьевич

доктор физико-математических наук, профессор,
Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия, e-mail: kremlev001@mail.ru

Аннотация

Геометрическое моделирование архитектурных форм и градостроительных структур, как и любое моделирование, определяется рядом идентифицирующих признаков: цель, объект, средства и методы, теоретическая значимость и практическое применение. Моделирование как исследование объектов познания на моделях реализуется в результате построения условного образа, воспринимаемого по определенным свойствам или, если угодно, характеристикам как аналог этих объектов, т.е. модель, рассматривается как гомоморфное отображение оригинала/моделируемого объекта. При этом сходство модели с оригиналом всегда неполное: модель лишь приближенно отражает некоторые существенные свойства оригинала. Причем реальный объект может иметь различные гомоморфные модели. Следует помнить, что природа моделей может различаться: физические/материальные модели в виде образцов, конструкций, макетов; знаковые модели, такие как геометро-графические изображения, схемы, графики; математические, представленные в виде формул, символьных обозначений; информационные модели, куда входят текстовые описания и базы данных.

Ключевые слова

геометрическое моделирование, архитектурное формообразование, градостроительство, информационная модель

Все вокруг – геометрия.

*Дух геометрического и математического порядка
станет властителем архитектурных судеб.*

Ле Корбюзье

Геометрическое представление архитектурных объектов (зданий, сооружений, градостроительных комплексов) является важнейшей частью архитектурного проектирования, отражает авторский замысел (концептуальную композицию определенного архитектурного пространства), определяется объемно-пространственными характеристиками объекта, выражает его художественные (эстетические) качества. Поиск архитектурных решений с выбором форм, конструктивных схем, определяющих структуру объекта, выполняется с учетом строительных норм, экономических, социальных, экологических и иных требований, технических условий последующего функционирования объекта. Все эти факторы учитываются при составлении информационно-математической модели архитектурного объекта. Последующая компьютерная визуализация позволяет осознанно и обоснованно выполнить выбор наиболее приемлемого варианта архитектурного проекта. Это стало естественной реакцией проектировщика на динамику информационной составляющей окружающей среды.



Рис. 1. Отель Sheraton Huzhou Hot Spring Resort (Хучжоу, Китай). Источник: <http://http://interest-travel.ru/samy-interesnye-oteli-kitaya/html>



Рис. 2. Инновационная башня клуба Жокей. Гонконг. Источник: <http://www.fresher.ru>

В современных условиях предъявляются особые требования к эффективности и качеству обработки информации, предваряющей и сопровождающей само проектирование. Необходимо учесть, что поток информации не прекращается и во время эксплуатации объекта, в процессе его взаимодействия с другими объектами (сооружениями и окружающей средой), т. е. начинается так называемый жизненный цикл объекта. Информационно-математическое моделирование (ИММ) – это инновационный подход к проектированию, строительству, обеспечению эксплуатации и ремонту объекта, к управлению жизненным циклом объекта, включая ее экономическую, экологическую, социальную и другие составляющие [1].

Актуальность проблемы геометризации реальных или проектируемых объектов определяется современными требованиями качественного моделирования сложных пространственных форм, особенно в контексте визуализации модели, получения конструктивных способов (методов, алгоритмов) решения геометрических задач



Рис. 3. Проект плавучего автономного дома «Ковчег» Александра Ремизова. Источник: <http://time-innov.ru/images/articles/1315685742.jpg>

архитектурно-градостроительной (инженерной в целом) практики (рис. 2–4).

Процесс ИММ является эффективным (и универсальным) при решении задач геометризации, определяет системный подход к анализу и исследованию формы, структуры, взаимосвязей (количественных отношений и функциональных зависимостей) реальных объектов (объектов-оригиналов) в целях создания или проектирования геометрической модели (ее визуализации, включая компьютерную), обеспечивает выявление основных (важных и определяющих с точки зрения поставленной проблемы) характеристик и их базовых свойств, что позволяет (при достаточном уровне компетентности субъекта-исследователя и возможностях имеющихся средств исследования):

1) интерпретировать в геометрическом смысле поставленную проблему через выявленные характеристики;

2) сформулировать в геометрической постановке проблему, при этом, возможно, потребуется сформулировать несколько связанных между собой геометрических задач;

3) оценить перспективные пути решения этих задач;

4) определить, какие дополнительные исследования необходимо провести для получения содержательной информации (уточняющего и/или конкретизирующего характера) [2].

Дальнейшее исследование целевой проблемы в геометрической постановке выполняется методами геометрического моделирования (ГМ). Для качественного моделирования сложных пространственных форм без сглаживания поверхностей с учетом особенностей топологии тонкой структуры реальных объектов требуется разработка новых методов ГМ, направленных на поиск приемлемых (практически реализуемых) решений требуемых геометрических задач, практических способов геометрического представления (отображения) и конструирования объемных тел и форм, поверхностей и кривых, расчета их характеристик. Использование методов геометризации особенно существенно в процессах конструкторско-технологической практики. Требуется не только получение геометро-графического (ГГ) описания в целях формирования визуально-образного представления модели исследуемого или проектируемого объекта, но и обеспечение корректности такого описания в контексте последующего прототипирования (реального воспроизведения), которое должно допускать однозначное понимание конструирования объекта и обеспечивать его технологическое воплощение. Такое описание включает последовательное детализированное представление объекта: состав и структуру, размерности, способы соединения частей и элементов, сопряжения поверхностей, точную координацию одних элементов и узлов относительно других, пространственные отображения отдельных частей и в целом все необходимые проекции и сечения. При этом особо следует отметить возможности применения современных информационных технологий, использование специализированных автоматизированных средств для обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей [3].

Выполнение ГМ в рамках общего процесса ИММ реальных объектов определяется взаимосвязанностью основных составляющих этого процесса (аналитической, информационной, геометрической), причем каждая из выделенных составляющих ИММ характеризует определенный подход к описанию и изучению исследуемого объекта (являясь при этом источником геометрических процедур, применяемых к модели в процессе моделирования), отражая, таким образом, возможность получения его представления в определенной форме и определенным способом, что обеспечивает реализацию различных аспектов системного анализа, полноту исследования совместным дополнением разных системных представлений. На рис. 4 представлена структурная схема ИММ с указанием функциональных связей и отношений.

Геометризация объектов использует методы ГМ, предметом которой являются как теоретические исследования по вопросам формообразования, топологии и морфологии объектов, так и решение практических задач проектирования и конструирования. Основу

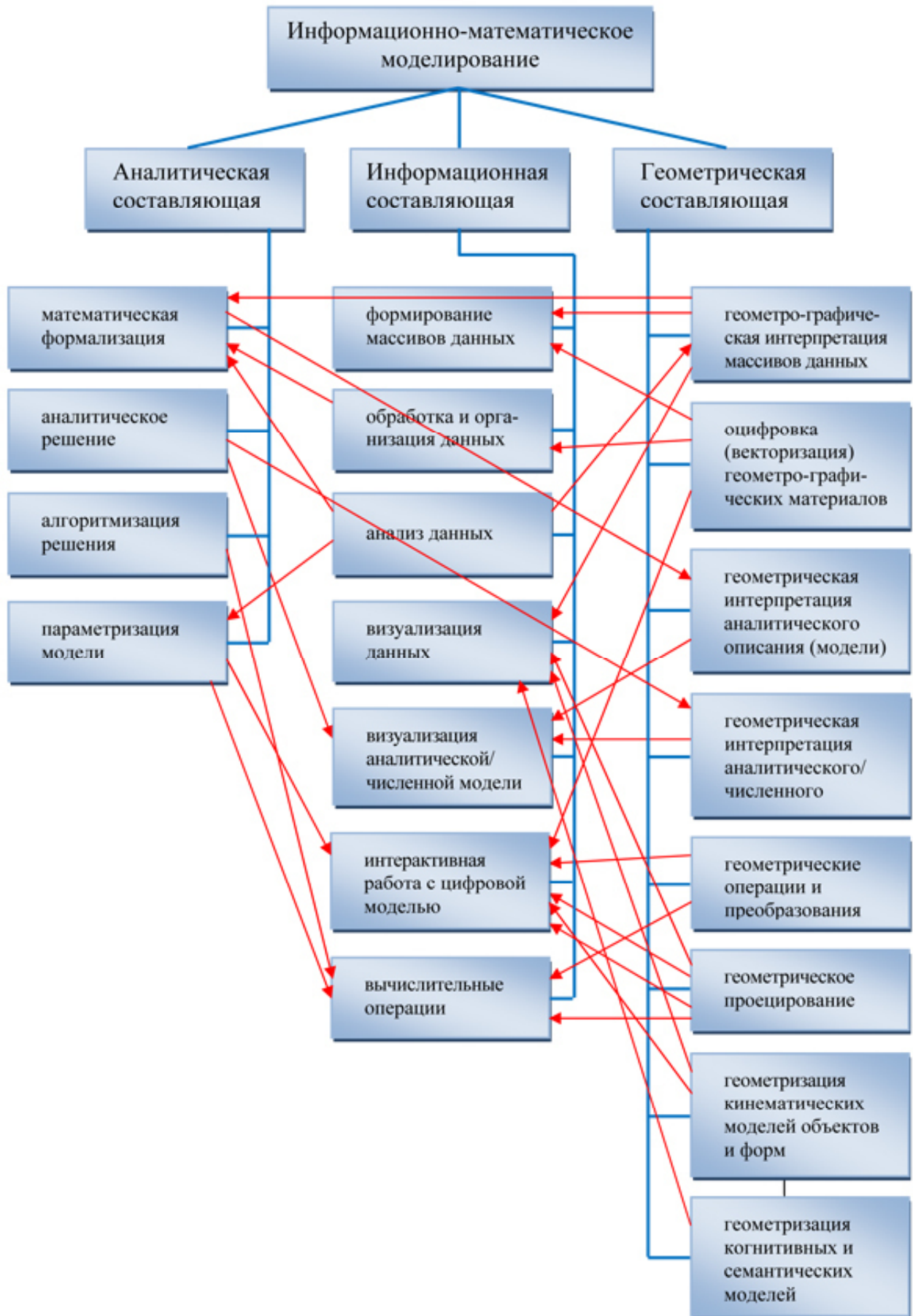


Рис. 4. Структура и состав информационно-математического моделирования. Сост. В.Н. Бабич

Блок	Функциональный набор
Геометро-графическая интерпретация массивов данных (аналитического описания (модели), аналитического/численного решения)	Выбор способа ГГ описания (графической нотации) объекта на основе массивов данных; обработка массивов данных в соответствии с выбранным методом геометризации; формирование ГГ представления; анализ ГГ представления; оценка точности (корректности) ГГ представления; корректирование ГГ представления.
Оцифровка (векторизация) геометро-графических материалов	Выбор способа оцифровки; подготовка ГГ материалов к оцифровке (векторизации); настройка аппаратно-программной среды (в целях оцифровки); сканирование ГГ материалов; векторизация/растеризация графики (графической информации); анализ полученной графики; корректирование процесса оцифровки (векторизации); хранение графической информации (графической модели); формирование графических баз.
Геометрические операции и преобразования с визуализированной моделью (ГГ моделью)	Ручной способ выполнения операций; автоматизированный способ; анализ результатов; корректирование модели.
Геометрическое проецирование	Выбор метода (способа) проецирования; перспективные изображения; ручной способ выполнения проецирования; автоматизированный способ проецирования; анализ результатов; корректирование.
Геометризация кинематических моделей объектов и форм	Выбор способа (метода) формирования кинематической модели; подготовка исходных данных; реализация процедуры формирования кинематической модели; анализ результата; корректирование; получение дополнительной информации (сведений) при исследовании модели.
Геометризация когнитивных и семантических моделей	Геометризация результатов/гипотез когнитивных процессов на основе некоторой модели представления знаний; геометризация семантических моделей теории и практики; анализ модели.

ГМ составляют теоретические результаты начертательной и проективной геометрий, алгебраической геометрии, практические методы инженерной графики, включая численные и графоаналитические методы, компьютерные методы обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей, методику геометризации объектов инженерной практики, организации ГМ в составе общего процесса ИММ.

На основе структурной схемы ИММ (рис. 4) и существующих семантических связей и отношений можно выделить следующие функциональные наборы, определяющие суть представленных блоков (см. табл.).

Идентифицирующие признаки ГМ

ГМ – это вид моделирования и, следовательно, характеризуется определенными

признаками, качественно отличающими его от других видов моделирования (например, от макетного моделирования, результатом которого является материальный образец моделируемого объекта, или от формирования символьной модели, представляющей собой описание исследуемого объекта, определенных его свойств на формальном языке). Таким образом, чтобы определить понятия «геометрическое моделирование», «геометрическая модель», необходимо, прежде всего, указать цель данного вида моделирования, специфические свойства этих моделей – результаты ГМ, природу модели, способы образного представления объекта (теоретическую основу этих способов), используемые методы формирования модели, функциональные действия (операции) с моделью.

Далее требуется определить тип информационных данных, характеризующих объект моделирования, указать форму организации этих данных, оценить качество базовой информации, информационную достаточность исходных данных для выполнения процесса ГМ в соответствии с принятым критерием качества процесса. При этом следует учесть согласованность такого критерия с постановкой (формулированием) геометрической задачи.

Объектом ГМ являются любые объекты и процессы, имеющие визуальное представление в форме изображения на каком-либо носителе или с помощью каких-либо технических средств. ГМ выполняется в целях получения геометрического описания (отображения) реального или проектируемого объекта (оригинала), причем это описание может быть представлено в виде бинарного файла, содержащего массивы информационных данных, с помощью средств компьютерной графики, видеоотображений (на экране дисплея), голографических изображений, объемно-пространственных световых композиций и другими способами, при этом итоговый результат процесса ГМ предполагает визуализацию модели. Это позволяет выполнить анализ модели с позиции исследования моделируемого объекта: осознать объемно-пространственные характеристики объекта, выявить геометрические особенности его формы, оценить количественные отношения элементов модели, установить функциональные зависимости между параметрами модели и их аналитические обобщения, определить конструктивную схему объекта, характеризующую его структуру.

Часто решение геометрических задач происходит в процессе совокупного исследования геометрической и аналитической моделей, а также сопровождается выполнением вычислительных процедур (т. е. выполняется в совместном процессе ИММ). При этом геометрическая модель, первоначально представленная в виде эскиза, простого чертежа, графического описания исходных данных с указанием требуемых определения элементов, может детализироваться, усложняться, включая дополнительные содержательные характеристики (размерные и топологические), полученные в результате такого совокупного исследования. Геометрические элементы объекта – носители определенных характеристик и отношений (размерность, параллельность, ортогональность, подобие, конгруэнтность и т. п.) – рассматриваются во взаимном расположении, взаимосвязи (образуя внутреннюю структуру объекта). Формируя те или иные условия (в геометрических понятиях или в аналитическом смысле, например в форме оптимизационной задачи), исследователь приступает к поиску решения поставленной (скорректированной) задачи, используя весь доступный ему арсенал средств (аналитических, геометрических, вычислительных), не ограничиваясь лишь методами синтетической геометрии. Эффективность поиска решения существенно зависит от способности использовать преимущества способа описания исследуемой модели, от умения переходить из одной содержательной оболочки в другую, от качественной интерпретации взаимоотнообразяемых понятий. Такой синтез способов модельного описания – суть процесса практической реализации ГМ.

Сущность и специфика ГМ

Теоретическую сущность ГМ можно определить как теорию методов моделирования пространств и многообразий различного числа измерений и различной структуры. Ее

методы позволяют развивать, дополнять и уточнять уже разработанные и строить новые геометрические теории, причем имеет место взаимное обогащение геометрии оригинала и геометрии модели в результате перевода известных фактов одной геометрии на язык другой.

Геометрическая модель – это представление (изображение) рассматриваемого объекта исследования с помощью геометрических понятий. Геометрическое описание объектов инженерной практики выполняется на основе начертательной геометрии, проективной геометрии, аналитической геометрии, а также с использованием графоаналитических методов конструирования поверхностей технических форм.

При этом геометрическая модель инженерного объекта должна однозначно представлять геометрию (форму) и количественную характеристику объекта. Геометрическая модель включает и математическое описание (размеры, функции контуров, параметры гладкости поверхности объекта, локальные характеристики поверхности и контуров: векторы нормалей, значения кривизны и т. д.), а также интегральные характеристики модели (объем, площадь поверхности, моменты инерции и т. д.). Эти характеристики могут явно не задаваться, но должны вычисляться по математическому описанию. Формирование математического описания и использование (обработка в «геометрическом плане») аналитической информации выполняется на основе дифференциальной геометрии (изучающей линии и поверхности, задающиеся дифференцируемыми функциями, а также их отображения; при этом применяются средства дифференциального исчисления), алгебраической геометрии (изучающей свойства алгебраических кривых и поверхностей, как плоских, так и пространственных).

Применение ЭВМ позволило сочетать ГМ и вычислительную геометрию с использованием векторного (аналитического) описания геометрической информации.

Методологический анализ показал, что:

- ГМ как метод получения геометрического представления объекта является важнейшей частью как теоретических исследований по вопросам формообразования, топологии и морфологии объектов, так и решения практических задач проектирования;

- процесс геометризации является составной частью интеграционного процесса ИММ, включающего математическую формализацию описания исследуемого или проектируемого объекта на основе скоординированной, внутренне согласованной и системно достаточной информации об объекте;

- геометризация объекта направлена, прежде всего, на получение визуального образа (визуализацию) исследуемого или проектируемого объекта, при этом важнейшим способом представления является компьютерный способ – видеоотображение на экране дисплея, сохранение в виде бинарного файла, связанного с информационной базой данных, описывающих геометрическую модель объекта;

- информационные технологии и программные средства компьютерной графики позволяют сделать процесс визуализации исследуемого или проектируемого объекта более оперативным, содержательным и убедительным;

- компьютерная визуализация обеспечивает наглядность представления исследуемого объекта, является средством поиска, анализа и принятия продуманного решения функциональных, конструктивных, эксплуатационных и других задач инженерной практики.

Специфичность средств и методов ГМ дополняется особенностями постановки задач ГМ, которые можно охарактеризовать с позиций:

- теоретического исследования (получение новых знаний об объекте, отражающих как геометрические отношения, так и функционально-процессуальные свойства);

- конструктивно-технологического проектирования (геометрический смысл оптимизационных критериев и оценочных параметров, геометризация целевых установок прототипирования);

– передачи знаний (образное представление геометрических объектов, геометрический язык описания признаков, свойств и отношений).

Классифицировать методы ГМ можно по отношению:

- к способам описания (задания) геометрических моделей (объектов);
- к способам формирования геометрических моделей;
- к средствам моделирования;
- к целям моделирования (с позиции конечного результата);
- к моделируемой характеристике (ее сущности, отражаемой в модели);
- к виду модели.

Можно определить следующие способы описания геометрических моделей:

– аналитический способ – через задание функциональных зависимостей, алгебраических выражений, теоретико-множественных отношений, результатов итерационных и рекурсивных процедур, иных символьных формализаций (аналитического типа);

– численный способ – через задание числовых массивов (например, координатных значений базовых точек объекта);

– графический способ – через задание ГГ изображения объекта (например, проекционное отображение объекта, используемое в начертательной геометрии);

– информационный способ – через задание бинарного представления, допускающего машинную обработку (например, растровое или воксельное представление, в виде структуры данных).

Аналитическое (а также и численное) описание геометрической модели формируется на основании геометрического значения функциональных и алгебраических выражений (уравнений, неравенств, отношений). Геометрическое значение аналитического описания – суть геометрическая интерпретация аналитических (формальных, символьных) понятий.

Геометрическое представление объекта выполняется с помощью идеализированных форм (геометрических абстракций), которые сами являются моделями. Поэтому графический способ предполагает конструктивное представление (отображение) объекта с помощью некоторого проецирующего аппарата (определяющего процедуру формирования модели), причем операции выполняются с геометрическими многообразиями в некоторых абстрактных пространствах.

Структуры данных, используемые для информационного описания объемных тел, представляются в виде:

– дерева, описывающего историю (последовательность) применения булевских операций (и других трансформаций и операций, например перенос, поворот, масштабирование) к конкретным графическим примитивам, т. е. здесь дерево состоит из операций и базовых примитивов (корень – результат моделирования, листья – базовые примитивы);

– таблицы, содержащей сведения о границах объема – вершинах, ребрах, гранях и их соединении друг с другом (граничным представлением).

Древообразное представление определяет конструктивную геометризацию на основе ручного моделирования в среде соответствующего программного приложения в соответствии с указанной структурой данных, т. е. последовательным выполнением операций по комбинированию базовых графических примитивов (из описанного набора). При этом способе представления хорошо описывается объем и поверхность, непрерывность, связность, качественность визуализации.

Граничное представление определяет аппроксимацию поверхности объекта, при этом возможны различные способы аппроксимации, основанные на различных структурах данных:

– заданы координаты вершин и указаны грани, каждая грань – это полигон, состоящий из последовательности координат вершин, модель определяется набором граней;

– заданы вершины (через координаты) и ребра (через вершины), грани определяются через ребра.

Грани могут представлять собой куски криволинейной поверхности, которые следует аппроксимировать (например, плоскостями или квадраками). Тогда ребра – это кривые, по которым пересекаются грани. Дополнительно могут указываться локальные характеристики в точках сопряжения.

Проблематика теории ГМ

На основе терминологического анализа показано, что использование термина «геометрическое моделирование» и связанных с ним понятий («геометрический объект», «геометрическая модель», «проекционное моделирование», «геометризация», «геометрический образ», «геометро-графическое представление») трактуются в разных интерпретациях и конкретизируются по мере надобности в соответствии с целями и условиями поставленной задачи.

Под геометрическим моделированием понимают, «во-первых, переход от реального объекта к его геометрическому описанию (представлению), во-вторых, последующее проекционное моделирование, имеющее целью обеспечить передачу информации, облегчить наблюдение, анализ, расчет, познание изучаемого объекта» [4].

Геометрическое моделирование определяется как «совокупность операций и процедур, включающих формирование геометрической модели объекта и ее преобразования с целью получения желаемого изображения объекта и определения его геометрических свойств» [5].

Геометрическое моделирование «изучает методы построения кривых линий, поверхностей и твердых тел, методы выполнения над ними различных операций и методы управления численными моделями» [6].

Геометрическое моделирование – процесс создания электронной модели проектируемого объекта и ее визуализации (графического отображения объекта на экране компьютера).

Геометрическое моделирование относят к виду математического моделирования, хотя символичный язык математических описаний (аналитическое или численное представление) принципиально отличается от геометрического языка (визуально-образное представление на основе геометрических абстракций).

В связи с этим предлагается под геометрическим моделированием «понимать системообразующий раздел геометрии, изучающий пространственные формы, их взаимодействие, соотношение и технологию создания геометрических моделей, позволяющих осуществлять исследование и изготовление объекта моделирования. Предметным языком геометрического моделирования является визуально-образный (геометрический) язык» [7].

Проблемы геометризации реальных или проектируемых объектов определяются особенностями геометрического моделирования, используемыми подходами к формированию геометрических моделей, применяемыми способами геометрического описания объектов, возможностью алгоритмизации процедур геометрических операций и способностью создания специализированных компьютерных технологий, позволяющих эффективно обрабатывать геометрическую информацию.

Особенно важен вопрос дальнейшей разработки средств компьютерной визуализации, позволяющих оперативно и качественно представить на экране формируемую геометрическую модель объекта с возможностью вывода соответствующей (требуемой) аналитической информации. При этом необходимо выработать критерии для формулировки геометрической задачи виртуального моделирования (описания геометрии модели объекта), даже целую систему критериев, согласованных по целевым установкам.

Особенности компьютерной визуализации объектов ГМ выявляются как на этапе подготовки, так и в процессе визуализации и определяются совокупностью факторов, влияющих на выбор способа визуализации (типа представления геометрической модели), конкретизацию характеристик (параметров), отражающих качество визуализации, форму (тип описания) и содержание представляемой информации, которая может быть (или должна

быть) получена из визуализированной модели. Все эти факторы связаны между собой, взаимосвязисмы.

Для перехода на новый уровень геометрического моделирования требуется как совершенствование методологии геометризации (теоретических основ и практических методов), так и формирование пространственно-конструктивного мышления проектанта (инженера, архитектора и других лиц, профессионально занимающихся проектированием), включающего в себя владение визуально-образным геометрическим языком и компьютерными технологиями геометрического моделирования объектов.

Библиография

1. Бабич, В. Н., Кремлёв, А. Г. Информационно-математическое моделирование в задачах архитектуры и градостроительства В. Н. Бабич, А. Г. Кремлёв // Архитектон: Известия вузов. – 2012. – № 1 (37). – URL: http://archvuz.ru/2012_1/5
2. Бабич, В. Н., Кремлёв, А. Г., Холодова, Л. П. Методология системного анализа в архитектуре / В. Н. Бабич, А. Г. Кремлёв, Л. П. Холодова // Архитектон: Известия вузов. – 2011. – № 2 (34). – URL: http://archvuz.ru/2011_1/5
3. Системный анализ в геометрическом моделировании: монография / под ред. А. Г. Кремлёва. – Екатеринбург: изд-во УГГУ, 2014. – 171 с.
4. Вальков, К. И., Дралин, Б. И., Клементьев, В. Ю. и др. Начертательная геометрия. Инженерная и машинная графика / К. И. Вальков, Б. И. Дралин, В. Ю. Клементьев. – М.: Высшая школа, 1997.
5. Системы автоматизированного проектирования: В 9 кн. Кн. 9: иллюстрированный словарь: учеб. пособие для вузов / Д. М. Жук, П. К. Кузьмик, В. Б. Маничев и др. / под ред. И. П. Норенкова. – М.: Высшая школа, 1986.
6. Голованов, Н. Н. Геометрическое моделирование / Н. Н. Голованов. – М.: Изд-во Физматлит, 2002.
7. Рукавишников, В. А. Геометрическое моделирование как методологическая основа подготовки инженера / В. А. Рукавишников. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2003.

Произведение «ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР», созданное автором по имени Бабич Владимир Николаевич, Кремлев Александр Гурьевич, публикуется на условиях лицензии Creative Commons «Attribution-NonCommercial-ShareAlike» («Атрибуция — Некоммерческое использование — На тех же условиях») 4.0 Всемирная. Разрешения, выходящие за рамки данной лицензии, могут быть доступны на странице v.n.babich@mail.ru.



Бабич Владимир Николаевич
кандидат технических наук, профессор,
Уральская государственная архитектурно-художественная академия,
Екатеринбург, Россия, e-mail: v.n.babich@mail.ru
Кремлев Александр Гурьевич
доктор физико-математических наук, профессор,
Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н.
Ельцина,
Екатеринбург, Россия, e-mail: kremlev001@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.05.2015
Электронная версия доступна по адресу: http://archvuz.ru/2015_2/2

© В.Н. Бабич 2015
© А.Г. Кремлев 2015
© УралГАХА 2015

GEOMETRIC MODELLING OF ARCHITECTURAL FORMS AND URBAN PLANNING STRUCTURES

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

As well as any type of modelling, geometric modelling of architectural forms and urban planning structures is determined by a series of identifying signs: purpose, object, means and methods, theoretical importance and practical application. Modelling as a method of studying objects of cognition by means of models is realised by constructing a conditional image perceived through certain properties/characteristics as an analogue of these objects, i.e. a model is regarded as a homomorphic representation of the original/modelled object. The resemblance of the model to the original is always incomplete: the model only approximately mirrors some essential properties of the original. A real object can have various homomorphic models. It should be borne in mind that the nature of models can be different: physical/material models in the form of samples, designs, mockups; sign-based models such as geometric/graphic representations, diagrams, charts; mathematical, presented as formulas, symbolical notations; information models including text descriptions and databases.

Key words

geometric modeling, the architectural shaping, urban planning, the information model

References

1. Babich, V.N., Kremlev, A.G. (2012) IT-Based Mathematical Modelling for Addressing Architecture and Town-Planning Challenges. Architecton: Proceedings of Higher Education. No.1(37). Available from: http://archvuz.ru/2012_1/5 (in Russian)
2. Babich, V.N., Kremlev, A.G. and Kholodova, L.P. (2011) Methodology of Systems Analysis in Architecture. Architecton: Proceedings of Higher Education. No.2 (34). Available from: http://archvuz.ru/2011_1/5 (in Russian)
3. Kremlev, A.G. (2014) Systems Analysis in Geometric Modelling. Ekaterinburg: UGGU. (in Russian)
4. Valkov, K.I, Dralin, B.I, Klementyev, V.Yu. (1997) Descriptive Geometry. Engineering and Computer Graphics. Moscow: Vysshaya Shkola. (in Russian)
5. Zhuk, D.M., Kuzmik, P.K., Manichev, V.B. (1986) Systems of Automated Design: In 9 vol. Vol. 9: Illustrated Dictionary. Moscow: Vysshaya Shkola. (in Russian)
6. Golovanov, N.N. (2002) Geometric Modelling. Moscow: Fizmatlit. (in Russian)
7. Rukavishnikov, V.A. (2003) Geometric Modelling as a Methodological Basis for Training Engineers. Kazan: Kazan State University. (in Russian)

Article submitted 12.05.2015

The online version of this article can be found at: http://archvuz.ru/2015_2/2

© V.N. Babich 2015

© A.G. Kremlev 2015

© USAAA 2015