

## **ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ФОРМ И СТРУКТУР ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ**

УДК: 72.01  
ББК: 85.110

**Бабич Владимир Николаевич**

кандидат технических наук, профессор,  
Уральский государственный архитектурно-художественный университет,  
Екатеринбург, Россия, e-mail: v.n.babich@mail.ru

### **Аннотация**

*В статье рассматриваются системные подходы к процессу информационно-математического моделирования реального объекта (физической ситуации), возможности применения методов теории геометрического моделирования (ТГМ), нелинейного анализа для решения задач геометризации объектов инженерной практики, основные направления обобщения геометрического моделирования, вопросы параметризации конструктивных моделей. Рассматриваются возможности обобщения классических методов, в том числе при переходе от объектов в трехмерном пространстве к многообразиям произвольной структуры и размерности, замены традиционного метода проецирования обобщенными методами отображения. Подчеркивается взаимность обогащения геометрии оригинала и модели в результате построения того или иного обратимого отображения, вытекающая из формального равноправия объекта и модели. Отмечаются возможности применения современных информационных технологий, использование специализированных автоматизированных средств для обработки пространственной информации и построения объемных цифровых моделей, определяются этапы организации и проведения вычислительных работ. Анализируется процесс информационно-математического моделирования (ИММ). Рассматривается общая схема информационно-математического моделирования, обсуждаются ее основные составляющие. Приводятся примеры задач инженерной практики, иллюстрирующие характерные этапы процесса информационно-математического моделирования.*

### **Ключевые слова**

*математическая модель, информационно-математическое моделирование, системный анализ, геометрическое моделирование, аксиоматический метод, конструктивный метод, методы проецирования*

Всякая математическая модель есть некоторая абстракция, отражающая выбранные существенные свойства рассматриваемых реальных объектов, процессов (физических ситуаций). В результате процедуры выделения и формализации получают математическое описание явления, т. е. его математическую модель, которую далее можно исследовать математическими методами – исследовать как математическую задачу, математическую проблему. Использование математических моделей (и результатов исследований этих моделей) происходит на основе их интерпретации в реальных ситуациях. При этом использование будет правомерным и эффективным, если модель будет достаточно адекватной, а полученные математические результаты практически реализуемыми. Наряду с математическими методами решения используются информационные (компьютерные) технологии решения, проводятся вычислительные эксперименты, выполняется численная обработка математической модели

Методология системного анализа в информационно-математическом моделировании [1]. Процесс информационно-математического моделирования реального объекта (физической ситуации) 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. Следует выявить существенные характеристики для исследуемого, проектируемого объекта, определить структуру, связи, функциональные возможности и т. д. Далее требуется выразить/отразить выявленные характеристики через параметры (переменные) модели [2].

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 выявление всех системообразующих связей, отношений, факторов, конструкций. 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) информационно-математического моделирования включает три опорных составляющих:

- математическое моделирование, включающее формализацию описания реального объекта (процесса) с помощью математической символики (в рамках некоторой математической теории), аналитическое решение поставленной (математической) задачи, алгоритмизацию полученного решения;
- информационное моделирование (на основе использования соответствующих информационных технологий и алгоритмических средств), включающее 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 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 информационно-математического моделирования). Поэтому необходимо, прежде всего, рассмотреть характерные особенности каждой из опорных составляющих информационно-математического моделирования [3].

Математическое моделирование в задачах инженерной практики. В процессе решения задач инженерной практики используются методы геометрии, математической статистики и теории вероятностей, анализа и оптимизации, алгебры и теории множеств и др. Сложность реальных процессов/физических ситуаций требует использования упрощенных описаний с помощью различного вида/типа моделей (словесных, символических, физических и т. д.), которые определенным и подходящим образом абстрагируют выбранные существенные свойства рассматриваемых реальных процессов/физических ситуаций. Математика имеет дело с определением и использованием символических моделей. Как уже отмечалось, для создания математической модели реального объекта инженерной практики, прежде всего, необходимо организовать сбор эмпирической информации о данном объекте. Затем обобщить полученные сведения, произвести математико-статистический анализ, выделить связи, структуру, зависимости (количественные и качественные), выполнить информационную обработку, подготовить аналитическое представление. Кроме того, на основе результатов анализа необходимо своевременно разработать рациональные варианты управления объектом (процессом). При этом вся эта процедура должна постоянно обрабатывать и учитывать вновь поступающую информацию об объекте (принцип обратной связи).

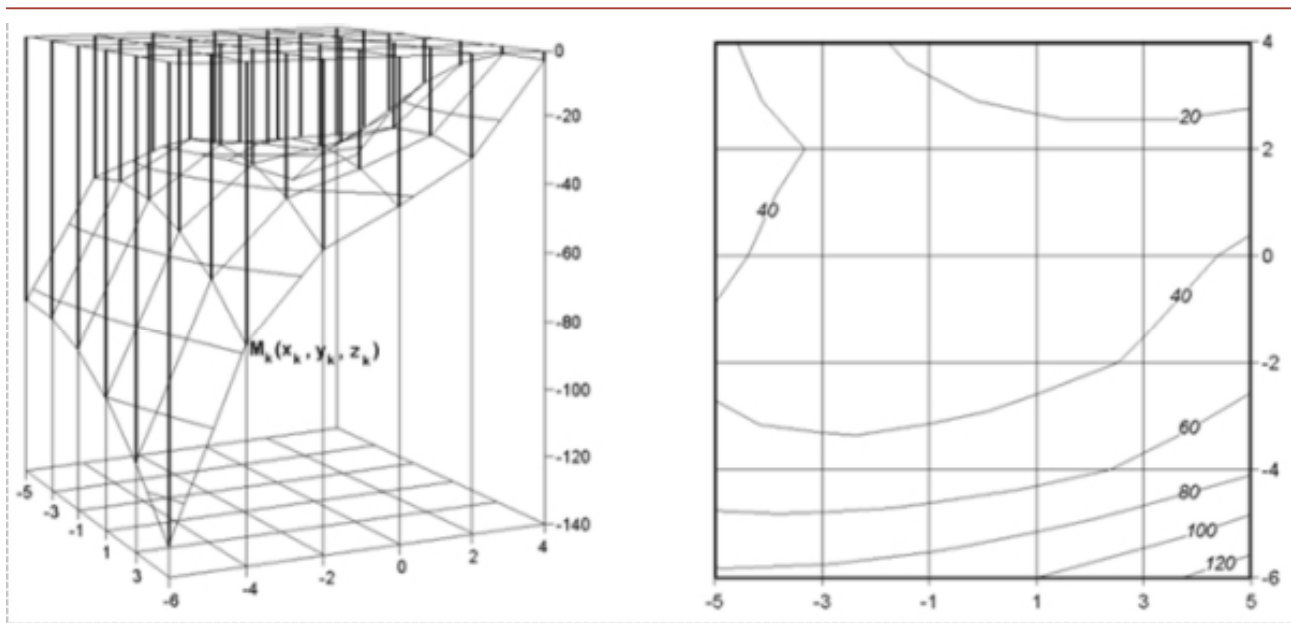
Сформированную математическую модель далее можно исследовать математическими методами (как математическую задачу, математическую проблему). При этом математика предоставляет в научном исследовании качественные методы анализа изучаемых явлений и процессов, вычислительный аппарат, развитый формализованный «знаковый» язык. Общую схему математического моделирования можно представить в следующем виде (рис. 1):



Рис. 1. Общая схема математического моделирования реальной проблемы

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 математической форме – все это требует значительных усилий при формировании математических моделей объектов инженерной практики. Поэтому формирование математической модели и последующий ее анализ, а также аналитическое решение полученной математической модели выполняется в рамках информационно-математического моделирования.

Использование компьютерных технологий при проведении математического моделирования позволяет оперативно произвести обработку большого объема информации, интенсифицировать требуемые расчеты, провести экспериментальные исследования поведения реальной системы (процесса, объекта) при различных

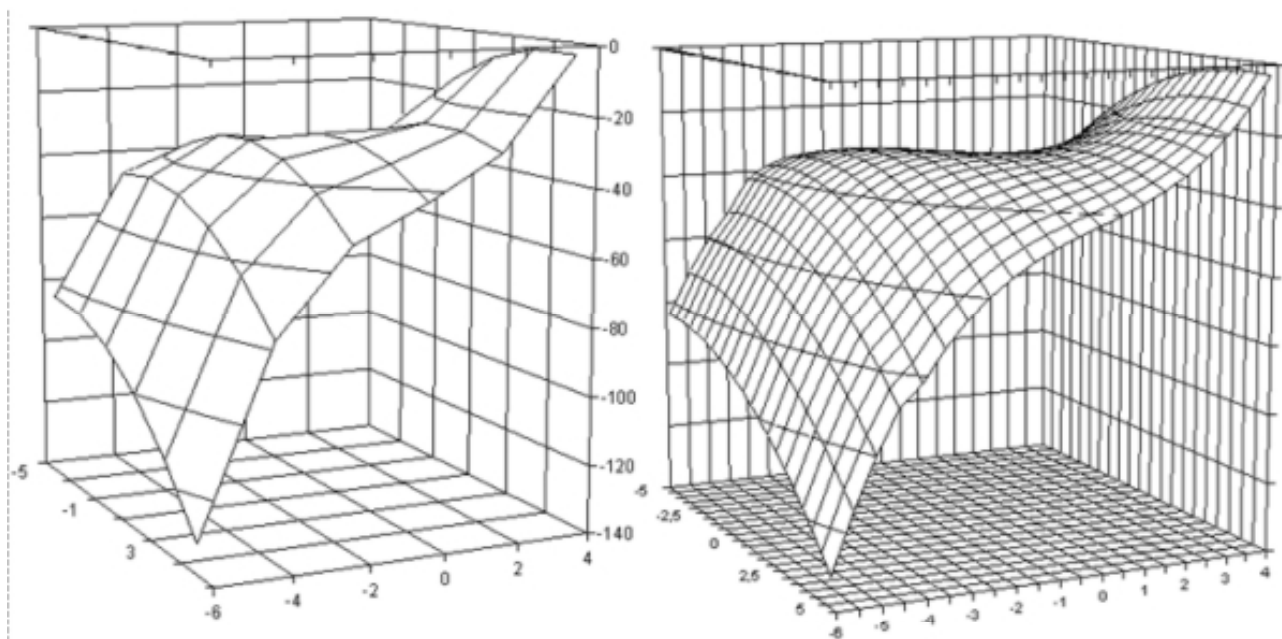


а) б)  
Рис. 2. Модели геометризации поверхности рудного тела: а) каркасная модель; б) гипсометрическое изображение

возможных вариантах управления. Автоматизация процессов производства достигается компьютеризацией систем управления техническими объектами. Это потребует совершенствования применяемых информационных технологий, технических средств, программного (математического) обеспечения. Использование современных средств выполнения пространственно-геометрических измерений (на всех стадиях производства) при развитой методике их применения позволит формировать соответствующие математические модели с необходимой точностью (подробностью описания реальных объектов). Конструирование достаточно адекватных (точных, надежных) математических моделей объектов инженерной практики с возможностью их компьютерной обработки позволит оперативно выполнить расчетно-проектные работы, геометризацию объектов, экономико-математический анализ, информационное сопровождение процессов технологических разработок (в т. ч. в режиме мониторинга). Таким образом, развитие и адаптация методов математического моделирования к реальным ситуациям на основе внедрения вычислительной техники, телекоммуникационных средств и цифровых линий связи в сочетании с использованием высокоточных измерительных технологий, включая глобальные навигационные спутниковые системы, определяют эффективность использования математических моделей в процессе решения различных задач инженерной практики.

Примером задачи инженерной практики, иллюстрирующей основные этапы информационно-математического моделирования, является определение формы рудного тела на основе построения поверхностей (верхней, нижней) месторождения по данным измерений толщины пласта в точках бурения разведочных скважин. Математическое моделирование формы рудного тела на основе данных пространственно-геометрических измерений представляет собой аппроксимацию поверхностей физического слоя руды. При создании модели формируется сетевая структура данных из конструктивных элементов и связей между ними, определяются пространственные и количественные отношения элементов модели. Существуют различные способы аппроксимации (для 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



а) б)  
Рис. 3. Модели поверхности при числе узлов: а)  $n=36$ ; б)  $n=441$

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 порядка и криволинейных аналитически неопределяемых поверхностей, форму которых можно определить с использованием различных методов интерполяции или аппроксимации.

С целью геометрического описания конфигурации (структуры) физического слоя рудной массы были проведены необходимые геолого-разведочные работы. Полученные данные пространственно-геометрических измерений (после первичной обработки) сводятся в виде табличного массива, где указаны для каждого узла  $M_k$  геодезической сети координаты  $(x_k, y_k, z_k)$  точки на верхней поверхности рудного тела, толщина слоя  $h_k$ , а также представлены в виде гипсометрического изображения на поверхности рудного тела (с помощью горизонталей – изогипс) (рис. 2).

Для построения аппроксимации верхней поверхности сначала определяются кривые (с помощью методов интерполяции), лежащие на этой поверхности и проходящие через соответствующие узлы (эти кривые отображают линии сетки), после чего формируют линейчатую поверхность, натянутую на каркас из полученных линий.

Используя значения толщины слоя в узлах, можно построить аппроксимацию нижней поверхности. Точность полученной аппроксимации (как модели формы рудного тела) зависит от густоты сетки и качества выполненных измерений. На рис. 3. приведены примеры моделей поверхности при разном числе узлов (получены с помощью компьютерного моделирования):  $n=36$ ,  $n=441$ .

Используя методы численного интегрирования, можно вычислить для полученных аппроксимаций поверхностей (т. е. произвести оценивание с некоторой точностью) кубатуру рудного тела.

---

Используя понятия скалярных и векторных функций точки в евклидовом пространстве (соответственно скалярных и векторных полей), можно задать математическую модель, элементы которой представляются в виде векторов и для которых определены основные векторные операции (сложение, умножение на скаляр, скалярное произведение и др.). Векторное представление может быть описано (интерпретировано) на геометрическом языке. Используя алгебраические действия с векторами, можно провести аналитическое исследование модели. Геометризация представления является эффективным средством визуализации мышления как в процессе аналитического исследования модели, так и при разработке вычислительного алгоритма (геометрические аспекты выпуклого анализа, математического программирования в целом – яркое подтверждение этого). На свойствах градиента основаны численные методы оптимизации функций. Оптимизация и оценивание, как правило, присутствуют в задачах инженерной практики, включая горное производство. Поэтому формирование и исследование оптимизационных моделей является необходимой компонентой решения этих задач.

Информационное обеспечение. Информационное обеспечение – представление рассматриваемого материала с помощью вербальной составляющей. Существенным ингредиентом процесса решения задачи является желание, стремление ее решить. Следовательно, внимание решающего избирательно. Это направленное, настороженное внимание, что и определяет направленность мышления. При решении задач приходится строить догадки или выдвигать гипотезы. Таким образом, у исследователя возникает ощущение предвидения. Далее следует наметить контур, внутри которого следует искать решение. Если это не дает результата, следует выйти за рамки этого контура. Таким образом, принимается решение о расширении области поиска, об отбрасывании ограничения, узость которого начинает стеснять. Мобилизация и организация. Когда задача только возникла, картина проста, исследователь видит ее обособленной, либо без всяких подробностей, либо с очень малыми подробностями. Он различает только ее главные части – неизвестное, данные и условие или предпосылку и заключение. Картина, которая возникает в конце, совсем другая: она сложна, снабжена дополнительными подробностями и деталями, о связи которых с рассматриваемой задачей исследователь не подозревал. На исходной, лишенной деталей задаче появились дополнительные неизвестные, использованы знания, приобретенные исследователем в прошлом, такое привлечение сведений принято называть мобилиацией, их приспособление к решаемой задаче – организацией. Процесс решения задачи подобен строительству дома. Сначала нужно собрать необходимый материал, что само по себе недостаточно: куча материалов – это еще не дом. Чтобы построить дом или найти решение задачи, надо сложить все части вместе и организовать их в целое, к которому следует стремиться. Практически мобилизацию нельзя отличить от организации; они дополняют друг друга как аспекты единого, сложного процесса – процесса умственной работы, конечной целью которого является решение. При решении задач следует, прежде всего, выделить какой-нибудь знакомый элемент.

Таким образом, распознавание побуждает к воспоминанию чего-то полезного, к мобилизации относящихся к рассматриваемому вопросу знаний. Пополнение и перегруппировка. Мобилизованные исследователем потенциальные элементы будут присоединены к концепции решаемой задачи, могут обогатить ее, придать ей более законченный вид, ликвидировать пробелы, устранить недостатки, одним словом пополнить ее. Иногда удается добиться значительного успеха в организации решения без добавления нового материала за счет одного лишь изменения расположения уже имеющихся элементов, путем перестановки или перегруппировки их. Перегруппировав элементы, исследователь меняет структуру понимания задачи. Следовательно,

перегруппировка означает изменение структуры. Каждый вновь мобилизованный элемент, применяемый к концепции задачи, дает решающему шансы на привлечение других элементов, с которыми он контактирует по ассоциации. Недостаточно обладать требуемыми знаниями в некотором потенциальном состоянии; требуется вспомнить о них, когда это становится необходимым, оживить, мобилизовать их, сделать пригодными для достижения этой цели, приспособить их к данной задаче, организовать их.

Геометрическое моделирование. Геометрическая модель – это представление (изображение) рассматриваемого объекта исследования с помощью геометрических понятий. 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). Таким образом, геометрическое моделирование позволяет с помощью геометрических преобразований исследовать пространственные (пространственно подобные) формы, отношения (количественные и качественные), закономерности, свойства, присущие объектам реального мира.

Формализация исходной реальной проблемы, прежде всего, направлена на возможность ее решения (хотя и через абстрактные формы многомерной геометрии, векторных и топологических пространств и др.). Разработка новых методов геометрического моделирования (с применением современных математических понятий и теорий), направленных на совершенствование (модернизацию) существующих технологий и средств промышленной геометризации, предполагает создание на их основе вычислительных алгоритмов (процедур) и последующее внедрение в практическую сферу в виде программных продуктов.

Современное программное обеспечение для моделирования и проектирования объемных объектов инженерной практики отличается интерактивной 3-х мерной графикой, высокого качества визуализацией поверхностей и моделей объектов, а также дружественным интерфейсом пользователя. Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют выполнить проектную графику (чертежи), оперативно редактировать и автоматически рассчитывать необходимые параметры (показатели), использовать средства технологической и морфологической комбинаторики.

Для решения информационно-аналитических задач, связанных с эксплуатацией зданий и сооружений, все более интенсивно используются архитекторами/градостроителями интегрированные архитектурно-градостроительные информационные системы, изначально ориентированные на решение 3D-задач в связи с естественной трехмерностью размещения геопоказателей и атрибутов в недрах городского пространства; применение широкого комплекса методов математического моделирования для описания строения зданий/сооружений; необходимость автоматизированного создания многослойных детальных карт, планов и разрезов масштабного ряда от 1:500 до 1:5000; наличие модулей или подсистем решения специальных технологических задач (от подсчета объемов и возможностей до календарного планирования и оптимизации строительства); возможность визуализации динамических, изменяющихся во времени моделей для наглядного графического представления результатов работы.

Процесс оцифровки (векторизация) основан на использовании новейших

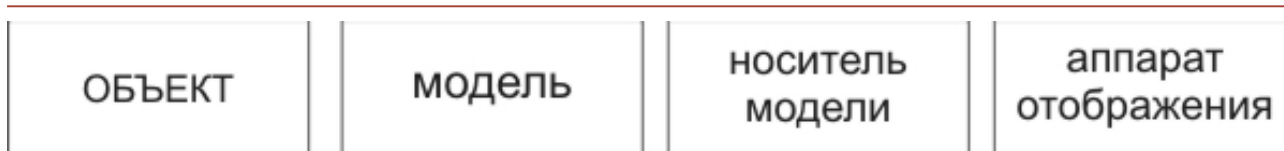


Рис. 4. Основные направления обобщений геометрического моделирования

инструментальных средств программирования для решения самых сложных задач обработки пространственной архитектурно-градостроительной информации и построения объемных цифровых городов.

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 изготовления (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;
- 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 поверхностных моделей, когда поверхность представляется в виде следа от перемещения двумерной кривой или контура по заданной траектории или вращения;
- построение поверхностной модели, когда поверхность задается несколькими сечениями с дальнейшей интерполяцией между этими сечениями (натягивание поверхности на каркас, образуемый заданными сечениями);
- проективные методы;
- 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.

Геометрическое моделирование включает следующие составные части:

- объект моделирования (с указанием области отправления отображения);
- модель – образ объекта моделирования (с указанием области принятия отображения);
- аппарат отображения (с указанием геометрических преобразований, определяющих процедуру отображения).

Таким образом, если обозначить:  $M$  – объект (некоторое множество элементов, определяемое в каком-либо геометрическом пространстве),  $N$  – модель (множество образов элементов объекта  $M$ ),  $f$  – отображение, определяющее переход из  $M$  в  $N$ , то получим  $f: M \rightarrow N$ . Приводятся необходимые определения и свойства отображений (биекция, обратное отображение, композиция отображений).

В соответствии с определением составных частей геометрического моделирования можно выделить четыре основных направления обобщений геометрического моделирования (рис. 4).



1. Моделировать можно не только пространство  $R^3$ , но и произвольные многообразия – поверхности, многомерные пространства, коники и т. п.

2. Элементами области прибытия модели также могут быть совершенно произвольные объекты – пары, тройки (и т. д.) точек или прямых, окружности, коники, различные многообразия.

3. Особенностью начертательной геометрии (основы ТГМ) является способ конструирования основного обратимого отображения, состоящий из нескольких вспомогательных – необратимых – отображений. Модель обычно представляет собой декартово произведение или некоторое подмножество декартова произведения, в котором сомножителями являются некоторое множество, размерность которого меньше размерности моделируемого многообразия, и множества различных его подмножеств. Поскольку с взаимно однозначным отображением связано совершенно равноправное с ним обратное отображение, то в принципе безразлично, что называть оригиналом, а что моделью.

Отображение модели можно производить на поверхности в любом пространстве, т. е. для конструирования области прибытия отображения может быть выделено многообразие любой структуры, любой размерности и с любыми элементами. Примерами таких изображений является купольная перспектива, циклография Фидлера и др.

4. Основным способом конструирования вспомогательных необратимых отображений (сумма которых дает обратимое отображение) в классических методах ТГМ является последовательное умножение проецирований и сечений, а именно объект  $M_1$  проецируется на плоскость  $M_3$  прямыми связки  $M_2$  ( $M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3$ ). Операция проецирования  $M_1 \rightarrow M_2$  осуществляется связкой прямых с несобственным центром. Операция сечения  $M_2 \rightarrow M_3$  осуществляется сечением связки прямых  $M_2$  плоскостью или поверхностью  $M_3$ . Вместо связок прямых в качестве множества  $M_2$  можно использовать конгруэнции прямых (косое проецирование плоскостей друг на друга), семейство кривых (криволинейное, винтовое проецирование). Набор многообразий  $M_2$ , используемых во всех вспомогательных отображениях, называют проецирующим аппаратом или аппаратом отображения (иногда под аппаратом отображения понимают правило, по которому сопоставляются образы и прообразы). Например, в циклографии Фидлера проецирующий аппарат  $M_2$  представляет собой трехпараметрическое множество конусов специального квадратичного комплекса с вершинами в проецируемых точках.

Дальнейшее обобщение понятия «проецирование» в ТГМ может состоять в отказе от инцидентности проецируемой точки с проецирующей линией. Будем, например, под проецирующим аппаратом  $M_2$  понимать трехпараметрическое множество окружностей с центрами в точках  $R^3$ . Все проецирующие окружности будут лежать в плоскостях, инцидентных прямой  $q$ , и проходить через точку  $K \in q$ . Точку пространства можно «проецировать» окружностью из  $M_2$  с центром в этой точке.

Существует два подхода геометрического моделирования: аксиоматический и конструктивный (куда входит и графоаналитический метод). Аксиоматическая модель – это отображение типа  $M_1 \rightarrow M_2$ , в котором связь между оригиналом  $M_1$  и моделью  $M_2$  осуществляется на основе определяющих аксиом (например, с позиции теории групп: группа движений, группы геометрических преобразований и т. д.). Конструктивное отображение – это отображения типа  $M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3$ , т. е. произведение отображений, где между областью отправления  $M_1$  и областью прибытия  $M_3$  имеется некоторое множество-посредник  $M_2$ . В случае аналитического отображения элементами вставки  $M_2$  являются наборы чисел, а в случае конструктивного отображения  $M_2$  – это проецирующий аппарат. Отображения (как и преобразования) широко используются при решении различных геометрических задач. Заданные и искомые фигуры и соответствия

---

между ними трансформируются в другие фигуры с другими соотношениями, и задача упрощается. Каждое отображение позволяет, однако, решать лишь определенный, сравнительно узкий класс задач. Поэтому вполне естественна потребность в получении и изучении новых типов отображений.

### Библиография

1. Бабич, В.Н., Кремлев, А.Г., Холодова, Л.П. Методология системного анализа в архитектуре / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлев, Л.П. Холодова // [Электронный ресурс] Архитектон: Известия вузов. – 2011. – № 34. – [URL]: [http://archvuz.ru/2011\\_2/3](http://archvuz.ru/2011_2/3)

2. Бабич, В.Н., Кремлев, А.Г. Системный подход в представлении университета как образовательной системы / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлев // Альманах современной науки и образования. Разд.: Педагогика, психология, социология. – Тамбов: Грамота, 2011. – № 12 (55). – С.87–91.

3. Бабич, В.Н., Кремлев, А.Г. Информационно-математическое моделирование в задачах архитектуры и градостроительства / В.Н. Бабич, А.Г. Кремлев [Электронный ресурс] // Архитектон: Известия вузов. 2012. № 37. – [URL]: [http://archvuz.ru/2012\\_1/5](http://archvuz.ru/2012_1/5).

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция — На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



Бабич Владимир Николаевич  
кандидат технических наук, профессор,  
Уральский государственный архитектурно-художественный университет,  
Екатеринбург, Россия, e-mail: [v.n.babich@mail.ru](mailto:v.n.babich@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 02.12.2016  
Электронная версия доступна по адресу: [http://archvuz.ru/2016\\_4/2](http://archvuz.ru/2016_4/2)

© В.Н. Бабич 2016  
© УралГАХА 2016

## GEOMETRIZATION OF FORMS AND STRUCTURES OF CIVIL ENGINEERING OBJECTS AND PROCESSES

**Babich Vladimir N.**

C.Sc. (Technology), Professor,  
Ural State University of Architecture and Arts,  
Ekaterinburg, Russia, e-mail: v.n.babich@mail.ru

### Abstract

*The article considers systems approaches to mathematical modelling of a real object (physical situation), applications of methods from the theory of geometrical modelling (TGM), nonlinear analysis of civil engineering objects geometrization problems, basic directions in the generalisation of geometric modelling, and issues in the parametrization of engineering models. The author also considers possibilities of generalisation of classical methods, including when going over from objects in three-dimensional space to varieties of arbitrary structure and dimensionality, replacement of the traditional method of projection with generalised methods of representation. Emphasis is made on mutual enrichment between the geometries of the original and the model as a result of construction this or that reversible representation following from the formal equality of the object and the model. Specially noted are the possibilities of contemporary ITs, use of specialized automated facilities for processing spatial information and construction 3D digital models, and stages are identified in the organisation and realization of computations. The process of mathematical modelling is analysed. Consideration is given to the general flowchart of mathematical modelling and its main components are discussed. Examples from civil engineering practice are given to illustrate the characteristic stages in the process of mathematical modelling.*

### Key words

*mathematical model, mathematical information modelling, systems analysis, geometric modelling, axiomatic method, constructive method, projection methods*

### References

1. Babich, V.N., Kremlev, A.G., Kholodova, L.P. (2011) Methodology of Systems Analysis in Architecture. [Online] Architecton: Proceedings of Higher Education, No. 34. Available at: [http://archvuz.ru/2011\\_2/3](http://archvuz.ru/2011_2/3)
2. Babich, V.N., Kremlev, A.G. (2011) Systems Approach to Representation of University as an Educational System. In: Almanac of Contemporary Science and Education. Section: Pedagogy, Psychology, Sociology. Tambov: Gramota, No. 12 (55), p.87–91 (in Russian).
3. Babich, V.N., Kremlev, A.G. (2012) It-Based Mathematical Modelling for Addressing Architecture and Town-Planning Challenges [Online]. Architecton: Proceedings of Higher Education, No. 37. Available at: [http://archvuz.ru/2012\\_1/5](http://archvuz.ru/2012_1/5) (in Russian)

Article submitted 02.12.2016

The online version of this article can be found at: [http://archvuz.ru/2016\\_4/2](http://archvuz.ru/2016_4/2)

© V.N. Babich 2016

© USAAA 2016