

3.2. Методы формализованного представления систем (МФПС)

Существуют различные классификации МФПС [5]. Например, в большинстве первоначально применявшихся при исследовании систем классификаций выделяли *детерминированные* и *вероятностные* (статистические) методы или классы моделей, которые сформировались в конце прошлого столетия. Затем появились классификации, в которых в самостоятельные классы выделились *теоретико-множественные представления, графы, математическая логика* и некоторые новые разделы математики.

В таблице 3.2 кратко характеризуется классификация, предложенная Ф.Е. Темниковым (см. рис. 2.2), в которой выделяются следующие обобщенные группы (классы) методов: *аналитические; статистические; теоретико-множественные, логические, лингвистические, семиотические представления; графические.*

Таблица 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
Аналитические методы	<p><i>Аналитическими</i> здесь названы методы, которые ряд свойств многомерной, многомерной системы отображают в n-мерном пространстве в виде одной единственной точки, совершающей какое-то движение. Можно также две (или более) системы или их части отобразить точками и рассматривать взаимодействие этих точек. Поведение точек, их взаимодействие описываются строгими соотношениями, имеющими силу закона.</p> <p>Основу терминологического аппарата составляют понятия классической математики (<i>величина, функция, уравнение, система уравнений, дифференциал, интеграл</i> и т. д.).</p> <p>На базе аналитических представлений возникли и развиваются математические теории различной сложности – от аппарата <i>классического математического анализа</i> (методов исследования экстремумов функций, вариационного исчисления и т. п.) до таких разделов современной математики, как <i>математическое программирование</i> (линейное, нелинейное, динамическое и т. п.), <i>теория игр</i> (матричные игры с чистыми стратегиями, дифференциальные игры и т. п.)</p>	<p>Применяются в тех случаях, когда свойства системы можно отобразить с помощью детерминированных величин или зависимостей, т. е. когда знания <i>о процессах и событиях в некотором интервале времени позволяют полностью определить поведение их вне этого интервала</i>. Эти методы используются при решении задач движения и устойчивости, оптимального размещения, распределения работ и ресурсов, выбора наилучшего пути, оптимальной стратегии поведения в конфликтных ситуациях и т. п.</p> <p>Математические теории, которые развиваются на базе аналитических представлений, явились основой ряда прикладных теорий (теории автоматического управления, теории оптимальных решений и др.).</p> <p>При практическом применении аналитических представлений для отображения сложных систем следует иметь в виду, что они требуют установления всех детерминированных взаимосвязей между учитываемыми компонентами и целями системы в виде аналитических зависимостей.</p> <p>Для сложных многокомпонентных, многокритериальных систем получить требуемые аналитические зависимости очень трудно. Более того, если даже это и удастся, то практически невозможно доказать правомерность применения этих аналитических выражений, т. е. адекватность модели рассматриваемой задаче</p>

Продолжение табл. 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
Статистические методы	<p>Статистическими методами называют отображение системы с помощью случайных (<i>стochastic</i>) событий, процессов, которые описываются соответствующими вероятностными (<i>статистическими</i>) характеристиками и <i>статистическими закономерностями</i>.</p> <p><i>Статистические</i> отображения системы в общем случае (по аналогии с аналитическими) можно представить как бы в виде «размытой» точки (размытой области, при этом границы области заданы с некоторой вероятностью) в n-мерном пространстве, и движение точки определяется некоторой случайной функцией. Закрепляя все параметры, кроме одного, можно показать воздействие данного параметра на поведение системы, что можно описать статистическим распределением по этому параметру. Аналогично можно получить двумерную, трехмерную и т. д. карты статистического распределения,</p> <p>На базе статистических представлений базируются теории <i>математической статистики</i>, <i>теории статистических испытаний</i> или <i>статистического имитационного моделирования</i> (частный случай – метод Монте-Карло), <i>теория вычисления и проверки статистических гипотез</i>, <i>теория потенциальной помехоустойчивости</i>, <i>теория решающих функций</i>, <i>теория статистических решений</i></p>	<p>На базе статистических представлений возникли и развиваются прикладные направления: <i>статистическая радиотехника</i>, <i>статистическая теория распознавания образов</i>, <i>экономическая статистика</i>, <i>теория массового обслуживания</i>; а также развивающиеся из направлений, возникших на базе аналитических представлений, – <i>статистическое программирование</i>, новые разделы <i>теории игр</i> и др.</p> <p>Расширение возможностей отображения сложных систем и процессов по сравнению с аналитическими методами можно объяснить тем, что при применении статистических представлений процесс постановки задачи как бы частично заменяется статистическими исследованиями, позволяющими, не выявляя все детерминированные связи между изучаемыми событиями или учитываемыми компонентами сложной системы, на основе выборочного исследования (исследования репрезентативной выборки) получать статистические закономерности и распространять их с какой-то вероятностью на поведение системы в целом.</p> <p>Однако не всегда можно получить статистические закономерности, не всегда может быть определена представительная (репрезентативная) выборка, доказана закономерность применения статистических закономерностей. В ряде случаев для получения статистических закономерностей требуются недопустимо большие затраты времени, что также ограничивает возможность их с какой-то вероятностью применения</p>

Продолжение табл. 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
Теоретико-множественные представления	<p>Теоретико-множественные представления, предложенные Г. Кантором, базируются на понятиях: <i>множество</i>, <i>элементы множества</i> и <i>отношения</i> на множествах.</p> <p>Сложную систему можно отобразить в виде совокупности различных множеств и отношений между ними. В основе большинства теоретико-множественных преобразований лежит переход от одного способа задания множества к другому.</p> <p>В множестве могут быть выделены <i>подмножества</i>. Из двух и более множеств или подмножеств можно сформировать путем установления отношений между элементами этих множеств новое множество, обладающее принципиально новыми свойствами и, как правило, новое качество приобретают и элементы.</p> <p>Теоретико-множественные представления допускают введение любых произвольных отношений. При конкретизации применяемых отношений и правил их использования можно получить одну из <i>алгебр логики</i>, один из <i>формальных языков математической лингвистики</i>, можно также создать новый язык моделирования сложных систем</p>	<p>Благодаря тому, что при теоретико-множественных представлениях систем и процессов в них можно вводить любые отношения, эти представления; а) служат хорошим языком, с помощью которого облегчается взаимопонимание между представителями различных областей знаний; б) могут являться основой для возникновения новых научных направлений, для создания <i>языков моделирования, языков автоматизации</i> проектирования.</p> <p>Теоретико-множественные представления сыграли, в частности, большую роль в становлении <i>комбинаторики, топологии</i>, в разработке <i>теории «размытых» множеств</i> Л. Заде; на теоретико-множественных представлениях базируется вариант <i>математической теории систем</i> М. Ме-саровича.</p> <p>Однако свобода введения любых отношений приводит к тому, что в создаваемых языках моделирования трудно ввести правила, закономерности, используя которые формально, можно получить новые результаты, адекватные реальному моделируемым объектам и процессам (как это позволяют делать аналитические и статистические методы). Поэтому первоначально при применении теоретико-множественных представлений стремились использовать ограниченный набор отношений. В общем же случае в языке могут появляться ситуации <i>парадоксов</i> или <i>антиномий</i>, что приводит к необходимости ограничения разнообразия отношений в создаваемых языках</p>

Продолжение табл. 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
Логические методы	<p><i>Логические</i> представления переводят реальную систему и отношения в ней на язык одной из <i>алгебр логики</i> (двухзначной, многозначной), основанных на применении алгебраических методов для выражения законов формальной логики. Наибольшее распространение получила бинарная алгебра логики Буля (булева алгебра).</p> <p>Алгебра логики оперирует понятиями: <i>высказывание, предикат, логические операции (логические функции, кванторы)</i>. В ней доказываются теоремы, приобретающие затем силу логических законов, применяя которые, можно преобразовать систему из одного описания в другое с целью ее совершенствования: например, получить более простую структуру (схему), содержащую меньшее число состояний, элементов, но осуществляющую требуемые функции. Теоремы доказываются и используются в рамках формального <i>логического базиса</i>, который определяется совокупностью специальных правил.</p> <p>Логические методы представления систем относятся к детерминистским, хотя возможно и их расширение в сторону вероятностных оценок.</p>	<p>Применяются при исследовании новых структур систем разнообразной природы (технических объектов, текстов и других), в которых характер взаимодействия между элементами еще не настолько ясен, чтобы было возможно их представление аналитическими методами, а статистические исследования либо затруднены, либо не привели к выявлению устойчивых статистических закономерностей. В то же время следует иметь в виду, что с помощью логических алгоритмов можно описывать не любые отношения, а лишь те, которые предусмотрены законами алгебры логики и подчиняются требованиям логического базиса.</p> <p>Логические представления нашли широкое практическое применение при исследовании и разработке <i>автоматов</i> разного рода, <i>автоматических систем контроля</i>, а также при решении задачи <i>распознавания образов</i>. Логические представления лежат в основе <i>теории алгоритмов</i>. На их базе развиваются прикладные разделы <i>теории формальных языков</i>.</p> <p>В то же время смысловыражающие возможности логических методов ограничены базисом и функциями алгебры логики и не всегда позволяют адекватно отобразить реальную проблемную ситуацию. Попытки же создания многозначных алгебр логики на практике пока не находят широкого применения из-за сложности создания логического базиса и доказательства формальных теорем-законов многозначной алгебры логики</p>

Продолжение табл. 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
Лингвистические и семиотические представления	<p><i>Лингвистические</i> представления базируются на понятиях <i>тезауруса T</i> (множества смысловых элементов языка с заданными смысловыми отношениями, тезаурус характеризует структуру языка), <i>грамматики G</i> (правил образования слововыражающих элементов разных уровней тезауруса), <i>семантики</i> (смыслового содержания формируемых фраз, предложений и других смысло-выражающих элементов) и <i>прагматики</i> (смысл для данной задачи, цели).</p> <p><i>Семиотические</i> представления базируются на понятиях: <i>знак, знаковая система, знаковая ситуация. Семиотика</i> возникла как наука о знаках в широком смысле.</p> <p>Однако наиболее широкое практическое применение нашло направление <i>лингвистической семиотики</i>, которое наряду с основными понятиями семиотики (знак, знаковая система, треугольник Фреге и т. п.) широко используется некоторыми понятиями математической лингвистики (тезаурус, грамматика и т. п.). С теоретической точки зрения границу между лингвистическими и семиотическими представлениями при разработке языков моделирования можно определить характером правил грамматики (если правила не охватываются классификацией</p>	<p>Лингвистические и семиотические представления возникли и развиваются в связи с потребностями анализа текстов и языков. Однако в последнее время эти представления начинают широко применяться для отображения и анализа процессов в сложных системах в тех случаях, когда не удается применить сразу аналитические, статистические представления или методы формальной логики.</p> <p>В частности, лингвистические и семиотические представления являются удобным аппаратом (особенно в сочетании с графическими) для первого этапа постановки и формализации задач принятия решений в ситуациях с большой начальной неопределенностью, чем и был вызван возрастающий интерес к этим методам со стороны инженеров и разработчиков сложных систем.</p> <p>На их основе разрабатывают языки моделирования, автоматизации проектирования и т. д.</p> <p>Что касается недостатков методов, то при усложнении языка моделирования, при применении правил произвольных грамматик П. Хомского или правил лингвистической семиотики трудно гарантировать правильность полученных результатов, возникают проблемы алгоритмической разрешимости, возможно появление парадоксов, что часто может быть устранено с помощью содержательного контроля и корректировки языка на каждом шаге его расширения в диалоговом режиме моделирования.</p>

Окончание табл. 3.2

Название класса методов	Основная терминология и примеры теорий, возникших и развивающихся на базе соответствующего класса методов	Сфера и возможности применения
	<p>правил, то модель удобнее отнести к семиотической и применять принципы ее анализа, предлагаемые семиотикой).</p> <p>Для практических приложений модели лингвистических и семиотических представлений можно рассматривать как один класс МФПС</p>	<p>При этом разработчик языка моделирования не всегда может формально объяснить его возможности, происходит как бы «выраживание» языка, у которого появляются новые свойства, повышающие его смысловыражающие возможности</p>
Графические представления	<p>К графическим представлениям здесь отнесены любые графики (графики Ганта, диаграммы, гистограммы и т. п.) и возникшие на основе графических отображений теории (теория графов, теория сетевого планирования и управления и т. п.), т. е. все то, что позволяет наглядно представить процессы, происходящие в системах, и облегчить таким образом их анализ для человека (лица, принимающего решения)</p>	<p>Графические представления являются удобным средством исследования структур и процессов в сложных системах, средством взаимодействия человека и технических устройств (в том числе – ЭВМ).</p> <p>На основе сетевых структур возникли прикладные теории: PERT (методика оценки и контроля программ), теория сетевого планирования и управления. Удобным средством представления информации разного рода при применении всех групп методов являются графики, диаграммы и другие графические формы. Графически представляются результаты аналитических расчетов, статистические закономерности и т. д.</p> <p>Для ускорения формирования и анализа сетевых моделей графические представления удобно сочетать с лингвистическими и семиотическими (что позволяет автоматизировать процесс формирования модели).</p>