**Тема 10. Моделирование систем управления.**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

**И ЕГО ОСНОВНЫЕ ВИДЫ**

Моделирование - это такой метод изучения объекта, когда ис­следуется непосредственно не сам объект, а промежуточная вспомо­гательная система - модель.

Модель - это объект, который имеет сходство с про­тотипом и служит средством описания, объяснения и прогнозирования поведения прототипа. Модели значительно облегчают понимание системы, позволяют проводить исследования на них и на основе этого прогнозировать поведение системы в заданных условиях. С помощью моделей можно изучать поведение системы или отдельных ее частей значительно проще, быстрее и дешевле, чем на реальной системе. Степень точности при этом определяется адекватностью модели.

Задачи модели - выделить наиболее важные факторы в реальной системе**,** которые подлежат изучению в данном исследовании. Эти факторы должны быть отражены в модели с наибольшей полнотой и детализацией и совпадать с реальными характеристиками с точностью, определяемой требованиями данного исследования. Остальные факторы могут быть отражены с меньшей точностью либо вообще отсутствовать в модели.

Преимущество модели - возможность сравнительно простыми средствами изменять ее параметры или вводить внешние воздействия для изучения реакции системы. В реальных условиях получить такие сведения иногда просто невозможно (например, изучить поведение системы в искусственно созданных аварийных ситуациях).

Для исследования систем управления моделирование имеет чрезвычайно большое значение. Особенности моделирования систем управления:

1) Система управления имеет высокую сложность, обладает многофакторным действием и сама находится в зависимости от мно­жества факторов. Изучение влияния на систему даже важнейших факторов только на конкретном объекте, как правило, невозможно.

2) В процессе функционирования системы управления возника­ет множество ситуаций и вариантов. Некоторые ситуации весьма скоротечны. Поэтому нельзя получить необходимую информацию только на основе исследования реально происходящих событий.

3) Затруднено проведение натурных экспериментов на реально функциони­рующих системах управления. Во многих случаях это может быть связано со значительными убытками и неэкономическими потерями. Поэтому нужен модельный эксперимент и, соответственно, разработка модели.

Системы управления являются сложными системами. И как таковые они характеризуются выполняемыми функциями, структурой и поведением во времени. Для адек­ватного моделирования этих аспектов в СУ выделяют функциональные, структурные и поведенческие модели.

Функциональная модель описывает совокупность вы­полняемых системой функций, характеризует морфологию сис­темы (ее построение) - состав функциональных подсистем, их взаимосвязи.

Структурная модель отражает состав и взаимосвязи между элемен­тами системы.

Поведенческая модель описывает процессы функционирования. В ней фигуриру­ют такие категории, как состояние системы, событие, переход из одного состояния в другое, условия перехода, последовательность событий.

Можно выделить три основные области применения моделей: обучение, научные исследования, практика управления. При обучении с помощью моделей достигается высокая наглядность отображе­ния различных объектов и облегчается передача знаний о них. В научных исследованиях модели служат средством полу­чения, фиксирования и упорядочения новой информации, обес­печивая развитие теории и практики. В практическом управлении модели ис­пользуются для обоснования решений. Такие модели должны обеспечить как описание, так объяснение и предсказание пове­дения систем.

Классификация моделирования систем может быть проведена по разным основаниям.

1. По признаку полноты моделирование делится на полное, неполное и приближенное. При полном моделировании модели идентичны объекту во вре­мени и пространстве. Для неполного моделирования эта идентич­ность не сохраняется. В основе приближенного моделирования лежит подобие, при котором некоторые стороны реального объекта не моделируются совсем.

2. Моделирование детерминированное и стохастическое. Детерминированное моделирование отображает процессы, в которых предполагается отсутствие случайных воздействий. Стохастическое моделирование учитывает вероятностные про­цессы и события.

3. Моделирование статическое и динамическое Статическое моделирование служит для опи­сания состояния объекта в фиксированный момент времени, а динамическое - для исследования объекта во времени.

4. Моделирование мысленное и реальное. Реальное моделирование осуществляется на реальном объекте. Такое моделирование представляет собой, по сути, эксперимент. Это может быть моделирование новых структурных элементов организации, вариантов реализации управленческих функций, новых ситуаций.

Мысленноемоделирование применяется тогда, когда модели не реализуемы в заданном интервале времени либо отсутствуют ус­ловия для их физического создания. Мысленное моделирование реальных систем реализуется в виде наглядного, символического и математического.

При наглядном моделировании на базе представлений чело­века о реальных объектах создаются наглядные модели, отобра­жающие явления и процессы, протекающие в объекте. Примером таких моделей являются рисунки, схемы, диаг­раммы.

Символическое моделирование представляет собой искусствен­ный процесс создания логического объекта, который замещает реальный и выражает его основные свойства с помощью опреде­ленной системы знаков и символов. В основе языкового модели­рования лежит тезаурус, который образуется из на­бора понятий исследуемой предметной области, причем этот на­бор должен быть фиксированным. Под тезаурусом понимается словарь, отражающий связи между словами или иными элемен­тами данного языка, предназначенный для поиска слов по их смыслу.

Между тезаурусом и обычным словарем имеются принципи­альные различия. Тезаурус - словарь, который очищен от нео­днозначности, т.е. в нем каждому слову может соответствовать лишь единственное понятие, а в обычном словаре одному сло­ву может соответствовать несколько понятий.

Если ввести условное обозначение отдельных понятий, т.е. знаки, а также определенные операции между этими знаками, то можно реализовать знаковое моделирование и с помощью зна­ков отображать набор понятий - составлять отдельные цепочки из слов и предложений. Используя операции объединения, пере­сечения и дополнения теории множеств, можно в отдельных сим­волах дать описание какого-то реального объекта.

Математическое моделирование - это процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математи­ческого объекта, называемого математической моделью. В прин­ципе, для исследования характеристик любой системы матема­тическими методами, включая и машинные, должна быть обяза­тельно проведена формализация этого процесса, т.е. построена математическая модель. Вид математической модели зависит как от природы реального объекта, так и от задач исследования объекта, от требуемой достоверности и точности решения зада­чи. Любая математическая модель, как и всякая другая, описыва­ет реальный объект с некоторой степенью приближения. В области управления распространено построение математических моделей в алгоритмической форме.

Алгоритмическая форма моделирования предполагает запись соотношений модели и выб­ранного численного метода решения в форме алгоритма. Среди алгоритмических моделей важный класс составляют имитацион­ные модели, предназначенные для имитации производственных, экономических и ин­формационных процессов при различных внешних воздействи­ях.

При имитационноммоделировании воспроизводится алго­ритм функционирования системы во времени. Имитируются элементарные процессы и явления, с сохранением их логической структуры и последова­тельности протекания. Это позволяет полу­чить сведения о возможных состояниях системы в соответствующие моменты времени.

Работа с имитационной моделью представляет собой имитационный эксперимент. Иссле­дователь создает различные ситуации, воздействует на модель раз­личными факторами и в результате извлекает информацию о реаги­ровании модели на различные воздействия и условия существования. Имитационное моделирование позволяет получить необходимую информацию о свойствах объекта, о способности его функционирова­ния при различных обстоятельствах, о возможностях изменений его статической и динамической организации, дает возможность оценить рациональность таких изменений.

В имитационном моделировании различают метод статисти­ческих испытаний (Монте-Карло) и метод статистического мо­делирования.

Метод Монте-Карло - численный метод, который применя­ется для моделирования случайных величин и функций, вероят­ностные характеристики которых совпадают с решениями ана­литических задач. Состоит в многократном воспроизведении процессов, являющихся реализациями случайных величин и фун­кций, с последующей обработкой информации методами мате­матической статистики.

Если этот прием применяется для машинной имитации в це­лях исследования характеристик процессов функционирования систем, подверженных случайным воздействиям, то такой метод называется методом статистического моделирования.

Метод имитационного моделирования применяется для оцен­ки вариантов формирования и функционирования системы, эффективности различных ал­горитмов управления системой, влияния изменения различных параметров системы.

Существенное значение при проведении исследований в области управления имеют структурное и ситуационное моделирование.

Структурные модели активно используется для исследования не только структур, но и функций организации, а также для формализованной структуризации решаемых проблем, используемого инструментария и т.д.

Основой построения ситуационной модели является описание ситуации, в которой функционирует организация, в виде совокупности конкретных состояний всех значимых для организации факторов внешней и внутренней среды.

**ПРИНЦИПЫ И ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛЕЙ**

**Принципы построения моделей**

1. Адекватность. Предусматривает соответствие модели целям исследования по уровню сложности и организации, а также соответствие реальной системе относительно выб­ранного множества свойств. До тех пор, пока не решен вопрос, правильно ли отображает модель исследуемую систему, ценность модели незначительна.

1. Соответствие модели решаемой задаче. При решении каждой конкретной задачи нужно иметь свою модель, отражающую те аспекты системы, которые являются наиболее важными в данной задаче. Этот принцип связан с принципом адекватности.
2. Упрощение при сохранении существенных свойств системы. Чем сложнее рассматриваемая система, тем более упрощенным должно быть ее описание, игнорирующее менее существенные свойства. Этот принцип может быть назван принципом абстрагирования от второстепенных деталей.
3. Соответствие между требуемой точностью результатов моделирования и сложностью модели. С одной стороны, чтобы отра­зить существенные свойства, модель необхо­димо детализировать. С другой стороны, строить модель, при­ближающуюся по сложности к реальной системе, не имеет смысла. Ком­промисс между этими двумя требованиями достигается нередко путем проб и ошибок.

Практическими рекомендациями по умень­шению сложности моделей являются:

• изменение числа переменных, достигаемое либо исключе­нием несущественных переменных, либо их объединением;

1. изменение природы переменных параметров. Переменные параметры рассматриваются в качестве постоянных, дискретные - в качестве непрерывных и т.д.;
2. изменение функциональной зависимости между переменными. Например, нелинейная зависимость заменяется обычно линейной;
3. изменение ограничений. При снятии ограничений получается оптимистичное решение, при введении - пессимистичное. Варьируя ограничениями, можно найти возможные граничные значения эффективности. Такой прием часто используется для нахождения предварительных оценок эффективности решений на этапе постановки задач;
4. ограничение точности модели. Точность результатов модели не может быть выше точности исходных данных.
5. Многовариантность реализаций элементов модели. Разнообразие реализаций одного и того же элемента, отличающихся по точности (а следовательно, и по сложности), обеспечивает регулирование соотношения «точность/сложность».
6. Блочное строение. При соблюдении принципа блочного строения облегчается разработка сложных моделей и появляется возможность использования накопленного опыта и готовых блоков с минимальными связями между ними.

**Этапы построения моделей**

1. Содержательное описание моделируемого объекта. Объек­ты моделирования описываются с позиций системного подхода. Исходя из цели исследования, устанавливаются совокупность эле­ментов, взаимосвязи между элементами, возможные состояния каждого элемента, существенные характеристики состояний и соотношения между ними. На этом этапе моделирования широко применяются каче­ственные методы описания систем, знаковые и языковые модели.

2. Формализация операций. На основе содержательного описания оп­ределяется исходное множество характеристик системы. Для вы­деления существенных характеристик необходим хотя бы прибли­женный анализ каждой из них. При проведении анализа опира­ются на постановку задачи и понимание природы исследуемой системы. После исключения несущественных характеристик вы­деляют управляемые и неуправляемые параметры и производят символизацию. Затем определяется система ограничений на зна­чения управляемых параметров. Если ограничения не носят прин­ципиальный характер, то ими пренебрегают.

3. Проверка адекватности модели. Требование адекватности находится в противоречии с требованием простоты, и это нужно учитывать при проверке модели на адекватность. Исходный ва­риант модели предварительно проверяется по следующим основ­ным аспектам:

1. Все ли существенные параметры включены в модель?
2. Нет ли в модели несущественных параметров?
3. Правильно ли отражены функциональные связи между параметрами?
4. Правильно ли определены ограничения на значения параметров?

Для проверки рекомендуется привлекать специалистов, кото­рые не принимали участия в разработке модели. Они могут бо­лее объективно рассмотреть модель и заметить ее слабые сторо­ны, чем ее разработчики. Такая предварительная проверка моде­ли позволяет выявить грубые ошибки. После этого приступают к реализации модели и проведению исследований. Полученные результаты моделирования подвергаются анализу на соответствие известным свойствам исследуемого объекта. Для установления соответствия создаваемой модели оригиналу используются сле­дующие пути:

1. сравнение результатов моделирования с отдельными экспериментальными результатами, полученными при одинаковых условиях;
2. использование других близких моделей;
3. сопоставление структуры и функционирования модели с прототипом.

Главным путем проверки адекватности модели исследуемо­му объекту выступает практика. Однако она требует накопления статистики, которая далеко не всегда бывает достаточной для получения надежных данных. Для многих моделей первые два пути приемлемы в меньшей степени. В этом случае остается один путь: заключение о подобии модели и прототипа делать на осно­ве сопоставления их структур и реализуемых функций. Такие зак­лючения не носят формального характера, поскольку основыва­ются на опыте и интуиции исследователя.

По результатам проверки модели на адекватность принима­ется решение о возможности ее практического использования или о проведении корректировки.

1. Корректировка модели. При корректировке модели могут уточняться существенные параметры, ограничения на значения управляемых параметров, оценочные критерии. После внесения изменений в модель вновь выполняется оценка адекватности.
2. Оптимизация модели. Сущность оптимизации моделей состоит в их упрощении при заданном уровне адекватности. Основными показателями, по которым возможна оптимизация модели, выступают время и затраты средств на проведение исследований в соответствии с этой моделью.

ЭКСПЕРИМЕНТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД

ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Метод эксперимента (от лат. eksperimentum — проба, опыт) пред­ставляет собой контролируемый и управляемый способ исследова­ния объекта, предполагающий активные и целенаправленные воздействия на него со стороны исследователя.

При проведении эксперимента должно осуществляться наблюдение за поведением объекта исследования и оценка возникающих состояний, изменений и ситуаций. Для этого могут использоваться параметрический, статистические, социологические методы и метод экспертных оценок.

Экспериментирование как метод исследования систем управ­ления имеет три основных цели:

- апробацию результатов исследования;

- проверку правильности гипотез;

- получение дополнительного фактического материала для проведе­ния дальнейших исследований.

Экспериментирование позволяет:

1) избежать излишних потерь при работе в режиме реального функ­ционирования;

2) избегать необратимых последствий при проверке критических ситуаций;

3) вводить ситуации, представляющие для исследования наибольший интерес;

4) нивелировать влияние тех факторов, которые препятствуют выяв­лению существующих зависимостей;

5) обеспечивать экономию времени при исследовании и практическом внедрении полученных результатов.

6) многократно воспроизводить изучаемую ситуацию, что повышает надежность результатов исследования.

Эксперименты подразделяются на мысленные и натурные.

Мысленный эксперимент предполагает манипулирование с информацией о реальных объектах без вмешательства в действитель­ный ход событий. Этот метод основан на использовании модели реального объекта и поэтому неразрывно связан с методом моделирования.

Процедура проведения мысленного эксперимента включает в себя следующие действия:

1) определение цели эксперимента;

2) определение формы проведения эксперимента;

3) определение констант в экспериментальной ситуации;

4) установление переменных факторов, влияние которых будет отслеживаться в ходе эксперимента;

5) установление результирующих критериев, по которым мож­но судить о влиянии переменных на данный объект;

6) определение параметров изменения переменных и результи­рующих критериев, позволяющих давать количественные и качест­венные оценки влияния факторов на объект;

7) определение задач и этапов осуществления эксперимента;

8) определение критериев, в соответствии с которыми может быть оценена степень успешности эксперимента.

Натурный эксперимент осуществляется на реальном объекте и предполагает определенное воздействие на него со стороны исследо­вателя. Проведение натурного эксперимента часто связано с внедрением новых форм организации, реструктуризацией и рационализацией управления. В этом случае в проведении экспериментально-исследовательских работ задействованы не только исследователи, но и весь работающий в данной сфере персонал. При проведении эксперимента на реальном объекте организаторы должны непременно учитывать моральные и правовые аспекты последствий экспериментирования.

Проведение натурного эксперимента предполагает наличие следующих ограничений:

- ограничение сферы проведения эксперимента;

- ограничение периода времени проведения эксперимента;

- ограничения затрат средств на проведение эксперимента;

- ограничение в воздействии факторов, искажающих чистоту эксперимента.

Процедура проведения натурного эксперимента влючает в себя следующие действия:

1) выбор объекта экспериментирования;

2) введение режима изоляции от несанкционированного влияния среды;

3) установление ограничений в воздействии эксперимента на жизненно важные параметры системы управления и организации в целом;

4) определение лиц, ответственных за основные направления и разделы эксперимента;

5) выработка конкретной программы для группы в целом и для отдельных участников;

6) регистрация результатов эксперимента;

8) обобщение результатов.

**Основная литература**

1. В. И. Куликов. Системный анализ. Иваново: ИвГУ, 2013.
2. В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. Системный анализ в управлении. М.: Финансы и статистика, 2009.
3. В. Н. Попов, В. С. Касьянов, И. П. Савченко. Системный анализ в менеджменте. М.: КноРус, 2010.

**Дополнительная литература**

1. И. Н. Дрогобыцкий. Системный анализ в экономике. М.: Финансы и статистика, 2007.
2. Г. Л. Бродецкий. Системный анализ в логистике. Выбор в условиях неопределенности. М.: Академия. 2010.
3. Системный анализ в менеджменте. М. КноРус, 2010.
4. Системный анализ проблемы устойчивого развития. М.: Либроком, 2009.
5. Теория систем и системный анализ в управлении организациями. Справочник. Финансы и статистика, Инфра-М, 2009.
6. Ф. П. Тарасенко. Прикладной системный анализ. М.: КноРус, 2010.
7. В. Н. Волкова, А. А. Денисов. Теория систем и системный анализ. М.: Юрайт, 2010.
8. Попов В. Н., Касьянов В. С., Савченко И. П. Системный анализ в менеджменте. М.: Учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2007.