

Лабораторная работа № 1

Классификация систем. Разработка функциональной модели системы

Цель работы: научиться классифицировать системы различной физической природы и проводить их системный анализ.

1 Теоретические сведения

1.1 Классификация систем

Классификацию систем можно осуществить по разным критериям. Её часто жестко невозможно проводить и она зависит от цели и ресурсов. Приведем основные способы классификации (возможны и другие критерии классификации систем).

1. **По отношению системы к окружающей среде:**
 - *открытые* (есть обмен с окружающей средой ресурсами);
 - *изолированные* (не обмениваются с окружающей средой ни материально-информационными ресурсами, ни энергией. Процессы самоорганизации в них невозможны);
 - *закрытые* (нет обмена ресурсами с окружающей средой).
2. **По происхождению системы (элементов, связей, подсистем):**
 - *искусственные* (орудия, механизмы, машины, автоматы, роботы и т.д.);
 - *естественные* (живые, неживые, экологические, социальные и т.д.);
 - *виртуальные* (воображаемые и, хотя они в действительности реально не существующие, но функционирующие так же, как и в случае, если бы они реально существовали);
 - *смешанные* (экономические, биотехнические, организационные и т.д.).
3. **По типу описания закона (законов) функционирования системы:**
 - типа “*Черный ящик*” (неизвестен полностью закон функционирования системы; известны только входные и выходные сообщения системы);
 - *непараметризованные* (закон не описан, описываем с помощью хотя бы неизвестных параметров, известны лишь некоторые априорные свойства закона);
 - *параметризованные* (закон известен с точностью до параметров и его возможно отнести к некоторому классу зависимостей);
 - типа “*Белый (прозрачный) ящик*” (полностью известен закон).
4. **По способу управления системой (в системе):**
 - *управляемые извне системы* (без обратной связи, регулируемые, управляемые структурно, информационно или функционально);
 - *управляемые изнутри* (самоуправляемые или саморегулируемые – программно управляемые, регулируемые автоматически, адаптируемые – приспособляемые с помощью управляемых изменений состояний и самоорганизующиеся – изменяющие во времени и в пространстве свою структуру наиболее оптимально, упорядочивающие свою структуру под воздействием внутренних и внешних факторов);
 - *с комбинированным управлением* (автоматические, полуавтоматические, автоматизированные, организационные).

Под **регулированием** понимается коррекция управляющих параметров по наблюдениям за траекторией поведения системы - с целью возвращения системы в нужное состояние (на нужную траекторию поведения системы; при этом под траекторией системы понимается последовательность принимаемых при функционировании

системы состояний системы, которые рассматриваются как некоторые точки во множестве состояний системы).

5. По характеру поведения:

- *детерминированные* (система, состояние которой в будущем однозначно определяется ее состоянием в настоящий момент времени и законами, описывающими переходы элементов и системы из одних состояний в другие. Составные части в детерминированной системе взаимодействуют точно известным образом);

- *вероятностные (стохастические)* (системы, поведение которых описывается законами теории вероятностей. Для вероятностной системы знание текущего состояния и особенностей взаимной связи элементов недостаточно для предсказания будущего поведения системы со всей определенностью. Для такой системы имеется ряд направлений возможных переходов из одних состояний в другие, т. е. имеется группа сценариев преобразования состояний системы, и каждому сценарию поставлена в соответствие своя вероятность);

- *игровые* (система, осуществляющая разумный выбор своего поведения в будущем. В основе выбора лежат оценки ситуаций и предполагаемых способов действий, выбираемых на основе заранее сформированных критериев, а также с учетом соображений неформального характера. Руководствоваться этими соображениями может только человек);

6. По степени сложности:

- *простые* (характеризуются небольшим количеством возможных состояний, их поведение легко описывается в рамках той или иной математической модели);

- *сложные* (отличаются разнообразием внутренних связей, но допускают их описание. Причем набор методов, привлекаемых для описания сложных систем, как правило, многообразен, т. е. для построения математической модели сложной системы применяются различные подходы и разные разделы математики);

- *очень сложные* (характеризуются большой разветвленностью связей и своеобразием отношений между элементами. Многообразие связей и отношений таково, что нет возможности все их выявить и проанализировать);

7. По степени организованности:

- *хорошо организованные* (система, у которой определены все элементы, их взаимосвязь, правила объединения в более крупные компоненты, связи между всеми компонентами и целями системы, ради достижения которых создается или функционирует система. При этом подразумевается, что все элементы системы с их взаимосвязями между собой, а также с целями системы можно отобразить в виде аналитических зависимостей. При формулировании задачи принятия решения для хорошо организованной системы проблемная ситуация описывается в виде математического выражения, критерия эффективности, критерия функционирования системы, который может быть представлен сложным уравнением, системой уравнений, сложными математическими моделями, включающими в себя и уравнения, и неравенства, и т. п. Важно, что решение задачи при представлении ее в виде хорошо организованной системы осуществляется аналитическими методами с использованием моделей формализованного представления системы);

- *плохо организованные* (при представлении объекта в виде **плохо организованной системы** не ставится задача определить все учитываемые компоненты, их свойства и связи между собой, а также с целями системы. Для плохо организованной системы формируется набор макропараметров и функциональных закономерностей, которые будут ее характеризовать. Определение этих параметров и восстановление функциональных зависимостей осуществляется на основании некоторой выборочной информации, характеризующей исследуемый объект или

процесс. Далее полученные оценки характеристик распространяют на поведение системы в целом. При этом предполагается, что полученный результат обладает ограниченной достоверностью и его можно использовать с некоторыми оговорками. Так, например, если результат получен на основании статистических наблюдений за функционированием системы на ограниченном интервале времени, т. е. на основании выборочных наблюдений, то его можно использовать с некоторой доверительной вероятностью);

- *самоорганизующиеся* (это системы, обладающие свойством адаптации к изменению условий внешней среды, способные изменять структуру при взаимодействии системы со средой, сохраняя при этом свойства целостности, системы, способные формировать возможные варианты поведения и выбирать из них наилучшие. Эти особенности обусловлены наличием в структуре системы активных элементов, которые, с одной стороны, обеспечивают возможность адаптации, приспособления системы к новым условиям существования, с другой стороны, вносят элемент неопределенности в поведение системы, чем затрудняют проведение анализа системы, построение ее модели, формальное ее описание и, в конечном счете, затрудняют управление такими системами);

8. По реакции на возмущающее воздействие:

- *активные* (выдают ответную реакцию на возмущающее воздействие среды);
- *пассивные* (не оказывают ответного воздействия на среду).

Функциональная модель системы

Всякий объект характеризуется результатами своего существования, местом, которое он занимает среди других объектов, ролью, которую он играет в среде. Функциональное описание необходимо для того, чтобы осознать важность системы, определить ее место, оценить отношения с другими системами.

Функциональное описание (функциональная модель) должно создать правильную ориентацию в отношении внешних связей системы, ее контактов с окружающим миром, направлениях ее возможного изменения.

Функциональное описание исходит из того, что всякая система выполняет некоторые функции: просто пассивно существует, служит областью обитания других систем, обслуживает системы более высокого порядка, служит средством для создания более совершенных систем.

Как нам уже известно, система может быть однофункциональной и многофункциональной.

Во многом оценка функций системы (в абсолютном смысле) зависит от точки зрения того, кто ее оценивает (или системы, ее оценивающей).

Функционирование системы может описываться числовым функционалом, зависящем от функций, описывающих внутренние процессы системы, либо качественным функционалом (упорядочение в терминах «лучше», «хуже», «больше», «меньше» и т.д.)

Функционал количественно или качественно описывающий деятельность системы называют функционалом эффективности.

Функциональная организация может быть описана:

- алгоритмически,
- аналитически,
- графически,
- таблично,
- посредством временных диаграмм функционирования,

- вербально (словесно).

Описание должно соответствовать концепции развития систем определенного класса и удовлетворять некоторым требованиям:

- должно быть открытым и допускать возможность расширения (сужения) спектра функций, реализуемых системой;
- предусматривать возможность перехода от одного уровня рассмотрения к другому, т.е. обеспечивать построение виртуальных моделей систем любого уровня.

При описании системы будем рассматривать ее как структуру, в которую в определенные моменты времени вводится нечто (вещество, энергия, информация), и из которой в определенные моменты времени нечто выводится.

В самом общем виде функциональное описание системы в любой динамической системе изображается семеркой:

$$S_f = \{T, x, C, Q, y, \varphi, \eta\},$$

где T – множество моментов времени, x – множество мгновенных значений входных воздействий, $C = \{c: T \rightarrow x\}$ – множество допустимых входных воздействий; Q – множество состояний; y – множество значений выходных величин; $Y = \{u: T \rightarrow y\}$ – множество выходных величин; $\varphi = \{T \times T \times T \times c \rightarrow Q\}$ – переходная функция состояния; $\eta: T \times Q \rightarrow y$ – выходное отображение; c – отрезок входного воздействия; u – отрезок выходной величины.

Такое описание системы охватывает широкий диапазон свойств.

Недостаток данного описания – не конструктивность: трудность интерпретации и практического применения. Функциональное описание должно отражать такие характеристики сложных и слабо познанных систем как параметры, процессы, иерархию.

Примем, что система S выполняет N функций $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_s, \dots, \psi_N$, зависящих от n процессов $F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n$. Эффективность выполнения s -й функции

$$\mathcal{E}_s = \mathcal{E}_s(\psi_s) = \mathcal{E}(F_1, F_2, \dots, F_i, \dots, F_n) = \mathcal{E}_s(\{F_i\}), i = 1 \dots n, s = 1 \dots N.$$

Общая эффективность системы есть вектор-функционал $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_s\}$. Эффективность системы зависит от огромного количества внутренних и внешних факторов. Представить эту зависимость в явной форме чрезвычайно сложно, а практическая ценность такого представления незначительна из-за многомерности и многосвязности. Рациональный путь формирования функционального описания состоит в применении такой многоуровневой иерархии описаний, при которой описание более высокого уровня будет зависеть от обобщенных и факторизованных переменных низшего уровня.

Графические способы функционального описания систем

Очень часто при анализе и синтезе систем используется графическое описание, разновидностями которого являются:

- дерево функций системы,
- стандарт функционального моделирования IDEF0.

Все функции, реализуемые сложной системой, могут быть условно разделены на три группы:

- целевая функция;
- базисные функции системы;
- дополнительные функции системы.

Целевая функция системы соответствует ее основному функциональному назначению, т.е. целевая (главная) функция – отражает назначение, сущность и смысл существования системы.

Базисные (основные) функции отражают ориентацию системы и представляют собой совокупность макрофункций, реализуемых системой. Эти функции обуславливают существование системы определенного класса. Основные функции –

обеспечивают условия выполнения целевой функции (прием, передача приобретение, хранение, выдача).

Дополнительные (сервисные) функции расширяют функциональные возможности системы, сферу их применения и способствуют улучшению показателей качества системы. Дополнительные функции – обеспечивают условия выполнения основных функций (соединение (разведение, направление, гарантирование)).

Описание объекта на языке функций представляется в виде графа.

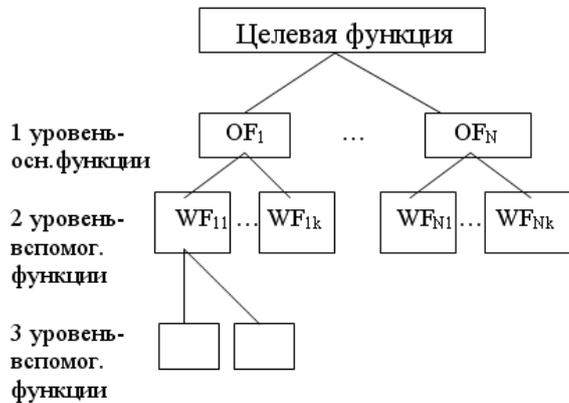


Рис. – Описание объекта на языке функций в виде графа

Формулировка функции внутри вершин должна включать 2 слова: глагол и существительное, отвечающее на вопрос «Делать что».

Дерево функций системы представляет декомпозицию функций системы и формируется с целью детального исследования функциональных возможностей системы и анализа совокупности функций, реализуемых на различных уровнях иерархии системы. На базе дерева функций системы осуществляется формирование структуры системы на основе функциональных модулей. В дальнейшем структура на основе таких модулей покрывается конструктивными модулями (для технических систем) или организационными модулями (для организационно-технических систем). Таким образом, этап формирования дерева функций является одним из наиболее ответственных не только при анализе, но и при синтезе структуры системы. Ошибки на этом этапе приводят к созданию «систем-инвалидов», не способных к полной функциональной адаптации с другими системами, пользователем и окружающей средой.

Исходными данными для формирования дерева функций являются основные и дополнительные функции системы.

Формирование дерева функций представляет процесс декомпозиции целевой функции и множества основных и дополнительных функций на более элементарные функции, реализуемые на последующих уровнях декомпозиции.

При этом каждая из функций конкретно взятого i -ого уровня может рассматриваться как макрофункция по отношению к реализующим ее функциям на $(i+1)$ -го уровня, и как элементарная функция по отношению к соответствующей функции верхнего $(i-1)$ -го уровня.

Описание функций системы с использованием IDEF0-нотации основано на тех же принципах декомпозиции, но представляется не в виде дерева, а набора диаграмм.

Задание

Для выбранной системы описать ее классификацию и составить графическую функциональную модель в виде дерева функций системы.

Контрольные вопросы

- 1 Основные критерии классификации систем.
- 2 В чем заключается методика системного анализа?