

Методы системного анализа и проектирования информационных систем

I. Основы системного анализа

2. Определение системы, выделение системы из среды. Классификация систем

2.1. Структурный анализ систем. Системы. Системные свойства.

2.2. Классификация систем

2.3. Основы теоретико-множественного описания и анализа систем.

2.4. Этапы исследования систем

2.5. Прямая и обратная задачи исследования систем

2.3. Основы теоретико-множественного описания и анализа систем

Для получения модели функционирования системы делаются предположения:

- 1) система функционирует во времени; в каждый момент времени система может находиться в одном из возможных состояний;
- 2) на вход системы могут поступать входные сигналы;
- 3) система способна выдавать выходные сигналы;
- 4) состояние системы в данный момент времени определяется предыдущими состояниями и входными сигналами, поступившими в данный момент времени и ранее;

5) выходной сигнал в данный момент времени определяется состояниями системы и входными сигналами, относящимися к данному и предшествующим моментам времени.

Первое из перечисленных предположений отражает динамический характер процесса функционирования в пространстве и времени. При этом процесс функционирования протекает как последовательная смена состояний системы под действием внешних, и внутренних причин.

Второе и третье предположения отражают взаимодействие системы с внешней средой.

В четвертом и пятом предположениях отражается реакция системы на внутренние факторы и воздействия внешней среды.

Одним из центральных понятий теории систем является понятие системы, определенное в теоретико-множественных терминах

Множество M — это любое объединение в одно целое вполне различаемых частей (предметов, явлений и т.п.).

Части множества называются объектами или элементами множества M .

Обозначение множества

$$M = \{m_1, m_2, \dots\}$$

или

$$M = \{m_i : i \in I\}.$$

Полагаем, что задано семейство объектов системы:

$$\bar{V} = \{V_i: i \in I\},$$

где V_i - объект системы; I - множество индексов.

Систему определим как некоторое отношение на собственном подмножестве декартова произведения множеств $\times \bar{V}$

$$S \subset \times \{V_i: i \in I\},$$

все элементы (объекты) этого декартова произведения мы будем называть объектами системы S , а само множество S системным множеством или системой.

Подмножество. Множество M_1 называют подмножеством множества M , если для любого $t \in M_1 \Rightarrow t \in M$. Обозначение подмножества: $M_1 \subset M$.

Собственное подмножество — любое подмножество данного множества M , исключая пустое \emptyset и само M .

Декартово произведение множеств $M = A \times B \times C \dots$ есть семейство, элементы (объекты) которого представляют собой всевозможные упорядоченные множества объектов $M = \{ (a_1, b_1, c_1 \dots), \dots (a_i, b_j, c_k \dots) \dots \}$, взятых соответственно из множеств $A, B, C \dots$. Декартово произведение ассоциативно. Декартово произведение множества самого на себя обозначается как $M \times M = \times M$.

В кибернетике наибольший интерес представляют системы с двумя объектами — входным объектом X и выходным объектом Y (система вход-выход или черный ящик):

$$S \subset X \times Y.$$

Основными причинами определения системы как теоретико-множественного отношения являются следующие:

1. Система определяется в терминах ее наблюдаемых свойств или, точнее говоря, в терминах взаимосвязей между этими свойствами, а не тем, что они на самом деле собой представляют (т. е. не с помощью физических, химических, биологических, социальных или других явлений). Это вполне согласуется с природой системных исследований, направленных на выяснение организации и взаимосвязи элементов системы, а не на изучение конкретных механизмов в системе.

2. Определение системы как отношения вида

$$S \subset \times \{V_i: i \in I\}$$

является предельно общим.

Конечно, различным системам отвечают и различные способы задания описания (дифференциальные уравнения, булева алгебра, графы и т. д.), но все они есть не более чем отношения этого вида.

В условиях предельно нечеткой информации, когда систему удастся описать лишь качественно, все словесные утверждения в силу их лингвистических функций определяют отношения данного вида.

3. Системы часто задаются с помощью некоторых уравнений относительно соответствующих переменных. Каждой такой переменной можно поставить в соответствие некоторый объект системы, описывающей область значений соответствующей переменной.

Утверждая, что система описывается системой уравнений относительно некоторого множества переменных, в сущности считают, что система есть отношение над соответствующими объектами, порожденными этими переменными (по одному объекту на каждую переменную, область значений которой он представляет).

При этом любая комбинация элементов этих объектов, принадлежащая этому отношению, удовлетворяет исходной системе уравнений.

Система объекта

Объектом является часть реального мира, которая выделяется и воспринимается как единое целое в течение длительного времени. Объект может быть материальным и абстрактным, естественным и искусственным.

Реально объект обладает бесконечным набором свойств различной природы. Практически взаимодействие осуществляется с ограниченным множеством свойств, лежащих в пределах возможности их восприятия и необходимости для цели познания.

Система объекта задаётся на множестве отобранных для наблюдения свойств. Процедура задания системы включает ряд операций: назначение переменных, параметров и канала наблюдения.

Каждому свойству объекта назначается переменная, с помощью которой суммируется изменение проявлений свойства. Множеству наблюдаемых проявлений свойства ставится в соответствие множество значений переменной.

Процедура наблюдения свойств объекта включает базу и канал наблюдения.

Под **базой наблюдения** понимается признаки различения одного проявления свойства от другого. Типовыми базами являются время, пространство, группа и их комбинации. Операционное выражение базы будем познавать параметром наблюдения.

Операцию назначения значению параметра значения переменной назовём **каналом наблюдения**.

Формально система может быть представлена в виде множества

$$S = \{X, T, R, Z\},$$

где X - множество переменных;

T - множество параметров;

R - отношения на множества X и T ;

Z - цель исследований.

Отношения между переменными и параметрами здесь понимаются в самом широком смысле, включая как ограничение, сцепление, соединение и т.д.

Структура системы

Под структурой системы понимается устойчивое множество отношений, которое сохраняется длительное время неизменным, по крайней мере, в течение интервала наблюдения. Структура системы опережает определенный уровень сложности по составу отношений на множестве переменных и их значений или, что эквивалентно, уровень разнообразий проявлений объекта.

Формально структура представляет упорядоченности переменных и их значений по некоторому заданному относительно цели фактору. Физически (если такая интерпретация возможна) структура представляет аналитические и функциональные связи между элементами системы.

Полное множество состояний системы

В системе заданной на множестве переменных

$$X = \{X_n; n = 1, 2, \dots, N\},$$

каждая переменная изменяет свое значение в некоторой области значений заданной множеством физически различных значений

$$X_n = \{X_{n,k}; k = 1, 2, \dots, K\}.$$

Зафиксированное значение всех переменных относительно одного значения параметра представляет вектор состояния системы

$$C_i = \{X_{1,i}, X_{12,i}, \dots, X_{N,i}\}.$$

Множество всех возможных векторов состояний

$$C = \{C_i; i = 1, 2, \dots, Kk\},$$

образует полное множество состояний, где

$$Kk = \prod_{k=1}^K k_k.$$

Реально состояние системы не равнозначны.

Одни более, другие менее предпочтительны, другие запрещены. Это обстоятельство задается в виде функции ограничения.

Функция ограничения на полном множестве состояния

Состояние системы на полном множестве состояний неравнозначны. Одни состояние более другие менее предпочтительны, третьи практически не осуществлены.

Неравнозначность состояния задается в виде функции ограничения. В общем случае она представляет собой отображение полного множества состояний:

$$f_0: C \rightarrow P,$$

где P – заданное множество.

Рассмотрим отображение в интервале наблюдения T множества моментов времени измерений примененных на множестве наблюдаемых состояний \hat{C} .

$$f_0: \hat{C} \rightarrow T; T \rightarrow \hat{C}.$$

Здесь возможны два случая. В одном отображение однозначно, в другом – многозначно.

В случае однозначного отображения, т.е. когда одному значению времени соответствует только одно состояние системы, последняя будет детерминированной.

Если отображение многозначно, т.е. одному значению времени допускается два и более состояний, то система будет стохастической.

Для детерминированной системы функция ограничения имеет вид:

$f_0 = 1$, если при $t = t_i, C = C_i$;

$f_0 = 0$, если при $t \neq t_i, C \neq C_i$.

У стохастической системы в момент наблюдения $t = t_i$ состояние системы $C \in \hat{C}$ является случайным. Ограничение полного множества состояний системы в этом случае задается нечеткими функциями типа вероятности, возможности, правдоподобности и др.

При выборе функции ограничения исходят из соотношения мощности полного множества состояний $|C|$ и мощности множества моментов наблюдения $|T|$. Если $|C| \leq |T|$, то предпочтительной является функция вероятности. В обратном случае $|C| \geq |T|$, предпочтительней функция возможностей. Функция вероятности задается в следующем виде:

$$P = \{P_k; k = 1, 2, \dots, K\},$$

$$P_k = N_k / \sum N_k$$

N_k — число наблюдаемых состояний C_k .

Функция возможности определяется следующим образом:

$$W = \{W_k; k = 1, 2, \dots, K\},$$

$$W_k = \frac{N_k}{\max_k N_k}.$$

C_k	O_1	O_2	O_3	N_k	P_k	W_{k1}
1	0	0	0	10	0-1	0,532
2	0	0	1	5	0,05	0,173
3	0	1	0	20	0,2	0,164
4	0	1	1	5	0,05	0,175
5	1	0	0	0	0	06
6	1	0	1	30	0,3	1,07
7	1	1	0	10	0,1	0,338
8	1	1	1	20	0,2	0,61
				$\sum N_k=100$	$\sum P_k=1$	$SW_{k \neq 1}$

2.4. Этапы исследования систем

Системный анализ объекта распадается на последовательное решения задач декомпозиции, анализ и синтеза.

На этапе декомпозиции обеспечивается формирование общего представление о системе. Он состоит из следующих шагов.

- ❑ Формулировка общей цели исследования и выяснение основной функции системы.
- ❑ Выделение системы из среды путем анализа участия каждого рассматриваемого элемента в реализации основной функции системы.

- ❑ Выяснение основных элементов системы большего иерархического уровня, в которую входит система, и характера связей с ними.
- ❑ Выяснение основных процессов в системе, их роли и условий существования.
- ❑ Описание факторов, воздействующих на систему.
- ❑ Описание разного рода неопределенностей, связанных как с внешними воздействиями, так и с описанием ее функционирования.
- ❑ Описание тенденций развития системы.
- ❑ Декомпозиция системы на подсистемы.

На этапе анализа обеспечивается формирование детального представления о системе. Анализ системы состоит из следующих шагов.

- Составление функционального описания системы, включающего описание законов функционирования элементов и подсистем исследуемой системы.
- Составление морфологического описания системы, включающего описание взаимосвязей элементов, то есть структуры системы.

- Составление информационного описания системы, включающего описание потоков информации в системе и алгоритмов ее преобразования.
- Составление генетического описания системы, то есть анализа предыстории системы, и тенденций ее развития.

На этапе синтеза выясняется механизм функционирования системы и составляется ее математическая или имитационная модель.

Основными этапами ***исследования систем*** являются:

словесная постановка задачи;

- ❑ выбор показателя эффективности (целевой функции);
- ❑ математическая постановка задачи;
- ❑ разработка модели функционирования системы;
- ❑ моделирование функционирования системы - сравнение альтернативных вариантов функционирования системы по выбранной целевой функции (показателю эффективности);
- ❑ принятие решения.

Последний этап очень важен. Все остальные этапы существуют ради того, чтобы было принято решение о назначении, составе и структуре системы.

2.5. Прямая и обратная задачи исследования систем

Существует два подхода к исследованию систем.

Прямая задача

Дано:

- цель функционирования системы;
- элементы системы и их свойства;
- элементарные (неделимые) операции, позволяющие решить задачи или выполнить функции с помощью участвующих в них элементов в соответствии с их свойствами.

Необходимо определить совокупность и последовательность системных операций, составляющих функционирование системы или ее структуру и позволяющих достигать цель системы.

Отметим, что для прямой задачи формулирование цели функционирования системы зависит от состава системы, т. е. от количества элементов и их свойств.

Очень часто при этом возникают противоречия между составом системы и возможностью создать структуру, позволяющую достичь определенную заранее цель. Поэтому при решении прямой задачи приходится корректировать цель функционирования, которую можно достичь, исходя из заданного состава системы.

Как правило, прямая задача решается при исследовании существующих систем, когда известен состав и необходимо совершенствовать ее структуру так, чтобы повысить, например, эффективность функционирования системы.

Обратная задача

Дано:

цель функционирования системы;
совокупность и последовательность системных операций выполняющих функции системы и составляющих ее структуру, позволяющую достичь цели функционирования системы.

Необходимо определить:

элементарные (неделимые) операции,
составляющие системные (составные) операции;
свойства элементов, позволяющие им выполнять элементарные операции;
элементы системы, имеющие выбранные свойства.