

50. Понятие системы. Принципы системности, системного подхода и анализа. Классификация систем. Целенаправленность, эффективность и ограничения системы.

Определение и общая классификация систем

Понятие системы относится к числу основополагающих и используется в различных научных дисциплинах и сферах человеческой деятельности. Известные словосочетания «информационная система», «человеко-машинная система», «экономическая система», «биологическая система» и многие другие иллюстрируют распространенность этого термина в разных предметных областях. В литературе существует множество определений того, что есть «система». Несмотря на различия формулировок, все они в той или иной мере опираются на исходный перевод греческого слова *systema* – целое, составленное из частей, соединенное. Будем использовать следующее достаточно общее определение.

Система – совокупность объектов, объединенных связями так, что они существуют (функционируют) как единое целое, приобретающее новые свойства, которые отсутствуют у этих объектов в отдельности.

Замечание о новых свойствах системы в данном определении является весьма важной особенностью системы, отличающим ее от простого набора несвязанных элементов. Наличие у системы новых свойств, которые не являются суммой свойств ее элементов называют **эмерджентностью** (например, работоспособность системы «коллектив» не сводится к сумме работоспособности ее элементов – членов этого коллектива).

Объекты в системах могут быть как материальными, так и абстрактными. В первом случае говорят о **материальных** (эмпирических) системах; во втором – о системах **абстрактных**. К числу абстрактных систем можно отнести теории, формальные языки, математические модели, алгоритмы и др.

Для выделения систем в окружающем мире можно использовать следующие **принципы системности**:

1. **Принцип внешней целостности** – ограниченность системы от окружающей среды. Система взаимодействует с окружающей средой как единое целое, ее поведение определяется состоянием среды и состоянием всей системы, а не какой-то отдельной ее частью.

Под **окружающей (внешней) средой** здесь понимается множество существующих вне системы элементов любой природы, оказывающих влияние на систему или находящихся под ее воздействием в условиях рассматриваемой задачи.

Обособление системы в окружающей среде имеет свою цель, т.е. система характеризуется назначением. Другими характеристиками системы в окружающем мире являются ее вход, выход и внутреннее состояние (см. рис.1.1). К примеру, входом материальной системы «автомобиль» могут быть ресурсы, используемые в производстве; выходом – выпускаемая продукция, автомобили. В более общем случае входом материальной системы является воздействие на систему извне, выходом – воздействие системы вовне, а назначением будет тот набор функций, которые она должна выполнять.

Входом абстрактной системы, например, некоторой математической теории, является постановка задачи; выходом – результат решения этой задачи, а назначением будет класс задач, решаемых в рамках данной теории.



Рис.1.1. Обобщенное представление системы

2. **Принцип внутренней целостности** – устойчивость связей между частями системы. Состояние самой системы зависит не только от состояния ее частей – элементов, но и от состояния связей между ними. Именно поэтому свойства системы не сводятся к простой сумме свойств ее элементов, в системе появляются те свойства, которые отсутствуют у элементов в отдельности.

Наличие устойчивых связей между элементами системы определяет ее функциональные возможности. Нарушение этих связей может привести к тому, что система не сможет выполнять назначенные ей функции. Для примера можно вспомнить знакомую систему «оператор-компьютер». Именно наличие необходимых связей между ее элементами (оператор, монитор, блок центрального процессора, устройства ввода информации, принтер и т.п.) позволяют этой системе решать задачи, связанные с набором и выводом на печать текстовых документов. Нарушение или неправильность этих связей, например, подключение клавиатуры к входному разъему звуковой платы (хотя, практически это сделать весьма непросто), приведет к тому, что при всем таланте оператора набрать и распечатать выданный ему текст он не сможет.

3. **Принцип иерархичности** – в системе можно выделить подсистемы, определяя для каждой из них свой вход, выход, назначение. В свою очередь, сама система может рассматриваться как часть более крупной системы.

Дальнейшее разбиение подсистем на части приведет к тому уровню, на котором эти подсистемы называются элементами исходной системы. Теоретически систему можно разбивать на мелкие части, по-видимому, бесконечно. Однако, практически это приведет к тому, что появятся элементы, связь которых с исходной системой, с ее функциями будет трудно уловима. Поэтому элементом системы считают такие ее более мелкие части, которые обладают некоторыми качествами, присущими самой системе.

Далее под **элементом системы** будем понимать такую ее подсистему, которая в данном исследовании (при принятой точке зрения) на части не разбивается.

Важным при исследовании, проектировании и разработке систем является понятие ее структуры. **Структура системы** – совокупность ее элементов и устойчивые связи между ними. Для отображения структуры системы наиболее часто используются графические нотации (языки), например, различные структурные схемы. При этом, как правило, представление структуры системы выполняется на нескольких уровнях детализации: сначала описываются связи системы с внешней средой; потом рисуется схема с выделением наиболее крупных подсистем, далее – для подсистем строятся свои схемы и т.д.

Подобная детализация является результатом последовательного структурного анализа системы. Метод **структурного системного анализа** является подмножеством методов системного анализа вообще, и применяется, в частности, в инженерии программирования, при разработке и внедрении сложных информационных систем. Основной идеей структурного системного анализа является поэтапная детализация исследуемой (моделируемой) системы или процесса, которая начинается с общего обзора объекта исследования, а затем предполагает его последовательное уточнение. В **системном подходе** к решению исследовательских, проектных, производственных и других теоретических и практических задач **этап анализа** вместе с **этапом синтеза** образуют методологическую концепцию решения. В исследовании (проектировании, разработке) систем на этапе анализа производится разбиение исходной (разрабатываемой) системы на части для ее упрощения и последовательного решения задачи. На этапе синтеза полученные результаты, отдельные подсистемы соединяются воедино путем установления связей между входами и выходами подсистем. Важно отметить, что разбиение системы на части даст разные результаты в зависимости от того, кто и с какой целью выполняет это разбиение (здесь мы говорим только о таких разбиениях, синтез после которых позволяет получить исходную или задуманную систему. К таким не относится, например, «анализ» системы «компьютер» с помощью молотка и зубила). Так, для специалиста, внедряющего на предприятии автоматизированную информационную систему, важными будут информационные связи между подразделениями предприятия; для специалиста отдела поставок - связи, отображающие движение материальных ресурсов на предприятии. В итоге можно получить различные варианты структурных схем системы, которые будут содержать различные связи между ее элементами, отражающие ту или иную точку зрения и цель исследования.

Представление системы, при котором главным является отображение и исследование ее связей с внешней средой, с внешними системами называется представлением на **макроуровне** (рис.1.2). Представление внутренней структуры системы есть представление на **микроуровне**. Пример структурной схемы, представляющей систему «предприятие» на микроуровне, приведен на рис. 1.3, разными линиями показаны разные виды связей между элементами. К числу основных связей между элементами системы «предприятие» можно отнести информационные и управленческие (командные) связи; материальные (ресурсообеспечивающие); связи по линии основного преобразования заказа в продукцию или услугу.

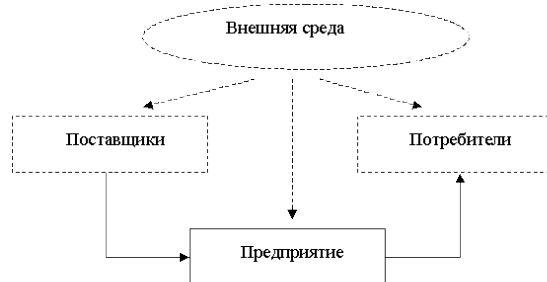


Рис. 1.2. Обобщенное представление системы «Предприятие» на макроуровне

Классификация систем выполняется для нахождения общих свойств и закономерностей поведения в различных системах, определения и выбора методов исследования, проектирования и разработки, наиболее подходящих для тех или иных классов, т.е. групп систем. В основу классификации систем могут быть положены различные признаки.

В самом общем случае можно выделить два больших класса систем: **абстрактные** (символические) и **материальные** (эмпирические).

По происхождению системы делят на **естественные** (созданные природой), **искусственные**, а также системы смешанного происхождения, в которых присутствуют как элементы природные, так и элементы, сделанные человеком. Системы, которые являются искусственными или смешанными, создаются человеком для достижения своих целей и потребностей.

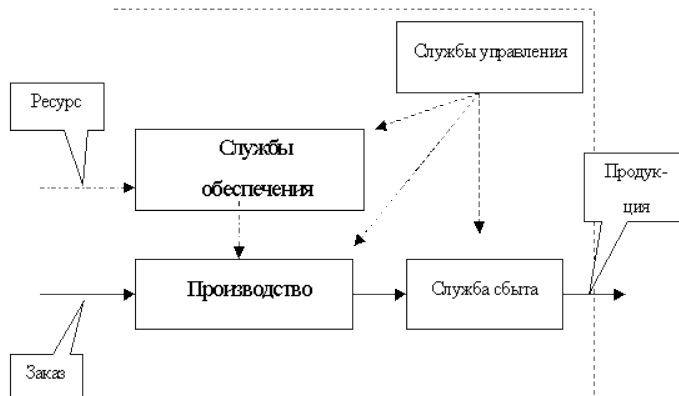


Рис. 1.3. Пример представления системы на микроуровне

Дадим краткие характеристики некоторых общих видов систем, имеющих важное значение в профессиональной деятельности специалистов в области прикладной информатики в экономике.

Техническая система представляет собой взаимосвязанный, взаимообусловленный комплекс материальных элементов, обеспечивающих решение некоторой задачи. К таким системам можно отнести автомобиль, здание, ЭВМ, систему радиосвязи и т.п. Человек не является элементом такой системы, а сама техническая система относится к классу искусственных.

Технологическая система – система правил, норм, определяющих последовательность операций в процессе производства.

Организационная система в общем виде представляет собой множество людей (коллективов), взаимосвязанных определенными отношениями в процессе некоторой деятельности, созданных и управляемых людьми. Известные сочетания организационно-техническая, организационно-технологическая система расширяют понимание организационной системы средствами и методами профессиональной деятельности членов организаций. Другое название – **организационно-экономическая** система применяют для обозначения систем (организаций, предприятий), участвующих в экономических процессах создания, распределения, обмена материальных благ.

Экономическая система – система производительных сил и производственных отношений, складывающихся в процессе производства, потребления, распределения материальных благ. Более общая социально-экономическая система – отражает дополнительно социальные связи и элементы, включая отношения между людьми и коллективами, условия трудовой деятельности, отдыха и т.п. Организационно-экономические системы функционируют в области производства товаров и/или услуг, т.е. в составе некоторой экономической системы. Эти системы представляют наибольший интерес как объекты внедрения **экономических информационных систем (ЭИС)**, являющихся компьютеризированными системами сбора, хранения, обработки и распространения экономической информации. Частным толкованием ЭИС являются системы, предназначенные для автоматизации задач управления предприятиями (организациями).

По степени сложности различают простые, сложные и очень сложные (большие) системы. **Простые системы** характеризуются малым числом внутренних связей и относительной легкостью математического описания. Характерным для них является наличие только двух возможных состояний работоспособности: при выходе из строя элементов система или полностью теряет работоспособность (возможность выполнять свое назначение), или продолжает выполнять заданные функции в полном объеме. **Сложные системы** имеют разветвленную структуру, большое разнообразие элементов и связей и множество состояний работоспособности (больше двух). Эти системы поддаются математическому описанию, как правило, с помощью сложных математических зависимостей (детерминированных или вероятностных). К числу сложных систем относятся практически все современные технические системы (телевизор, станок, космический корабль и т.д.). Современные организационно-экономические системы (крупные предприятия, холдинги, производственные, транспортные, энергетические компании) относятся к числу **очень сложных (больших)** систем. Характерными для таких систем являются следующие основные признаки:

- сложность назначения и многообразие выполняемых функций;
- большие размеры системы по числу элементов, их взаимосвязей, входов и выходов;
- сложная иерархическая структура системы, позволяющая выделить в ней несколько уровней с достаточно самостоятельными элементами на каждом из уровней, с собственными целями элементов и особенностями функционирования;
- наличие общей цели системы и, как следствие, централизованного управления, подчиненности между элементами разных уровней при их относительной автономности;
- наличие в системе активно действующих элементов – людей и их коллективов с собственными целями (которые, вообще говоря, могут не совпадать с целями самой системы) и поведением;
- многообразие видов взаимосвязей между элементами системы (материальные, информационные, энергетические связи) и системы с внешней средой.

В силу сложности назначения и процессов функционирования построение адекватных математических моделей, характеризующих зависимости выходных, входных и внутренних параметров для больших систем является невыполнимым.

По степени взаимодействия с внешней средой различают открытые и замкнутые системы. **Замкнутой** называют систему, любой элемент которой имеет связи только с элементами самой системы, т.е. замкнутая система не взаимодействует с внешней средой. **Открытые** системы взаимодействуют с внешней средой, обмениваясь веществом, энергией, информацией. Все реальные системы тесно или слабо связаны с внешней средой и являются открытыми.

По характеру поведения системы делят на детерминированные и недетерминированные. **К детерминированным** относятся те системы, в которых составные части взаимодействуют между собой точно определенным образом. Поведение и состояние такой системы может быть однозначно предсказано. В случае **недетерминированных** систем такого однозначного предсказания сделать нельзя. Если поведение системы подчиняется вероятностным законам, то она называется вероятностной. В таком случае прогнозирование поведения системы выполняется с помощью вероятностных математических моделей. Можно сказать, что вероятностные модели являются определенной идеализацией, позволяющей описывать поведение недетерминированных систем. Практически, часто отнесение системы к детерминированным или недетерминированным зависит от задач исследования и подробности рассмотрения системы.