

## Развитие классификаций систем

В теории систем предлагались классификации систем по различным признакам:

- *виду отображаемого объекта* (технические, биологические, экономические и т. п. системы);
- *виду научного направления*, используемого для их моделирования (математические, физические, химические и др.);
- *взаимодействию со средой* (открытые и закрытые);
- *величине и сложности*.

Предлагалось также различать:

- *детерминированные и стохастические*;
- *абстрактные и материальные* (существующие в объективной реальности) и т.д.

Существуют различные подходы к разделению систем по *сложности*.

В одной из первых классификаций по *уровням сложности* **К. Боулдинг**<sup>1</sup> предлагает делить системы, прежде всего, с учетом отличия живых от неживых

**Б. С. Флейшман** за основу классификации принимает *сложность поведения* системы<sup>2</sup>.

Иногда термины *большая система* и *сложная система* использовались как синонимы. Связывали сложность с числом элементов.

Например, **Г. Н. Поваров**<sup>3</sup> в зависимости от числа элементов, входящих в систему, выделяет четыре класса систем: *малые системы* ( $10-10^3$  элементов), *сложные* ( $10^4-10^6$  элементов), *ультрасложные* ( $10^7-10^{30}$  элементов), *суперсистемы* ( $10^{30}-10^{200}$  элементов).

**У. Р. Эшби** считал, что система является *большой* с точки зрения *наблюдателя*, возможности которого она превосходит по *сложности* в каком-то аспекте, важном для достижения *цели*<sup>4</sup>.

Но предлагали также различать *большие* и *сложные* системы.

**Ю. И. Черняк** предлагает называть *большой* системой «*такую, которую невозможно исследовать иначе, как по подсистемам*», а *сложной* – «*такую систему, которая строится для решения многоцелевой, многоаспектной задачи*»<sup>5</sup>.

Предлагалось также делить системы на *открытые и закрытые, целенаправленные и целеустремленные*.

Классификации всегда относительны. Так, в *детерминированной* системе можно найти элементы *стохастичности*, и, напротив, *детерминированную* систему можно считать частным случаем *стохастической* (при вероятности равной единице).

---

<sup>1</sup> **Боулдинг К.** Общая теория систем скелет науки// (Boulding K. General System Theory – the Skeleton of Science / General System, vol. 1, 1956, p. 11÷17).

<sup>2</sup> **Флейшман Б. С.** Основы системологии. – М.: Радио и связь, 1982. – 272 с.

<sup>3</sup> **Методологические** проблемы кибернетики: В 2-х т. – М.: МГУ, 1970. – Т. 1. – 350 с. Т. 2. – 389 с.

<sup>4</sup> **Эшби У. Р.** Введение в кибернетику. – М.: ИЛ, 1959. – 432 с.

<sup>5</sup> **Черняк Ю. И.** Системный анализ в управлении экономикой. – М.: Экономика, 1975. – 191 с.

Аналогично, если принять во внимание диалектику субъективного и объективного в системе, то станет понятной относительность разделения систем на *абстрактные* и *объективно существующие*: это могут быть стадии развития одной и той же системы.

Действительно, естественные и искусственные объекты, отражаясь в сознании человека, выступают в роли абстракций, понятий, а абстрактные проекты создаваемых систем воплощаются в реально существующие объекты, которые можно ощутить, а при изучении снова отразить в виде абстрактной системы.

Однако классификация необходима. Цель любой классификации – ограничить выбор подходов к отображению системы, сопоставить выделенным классам приемы и методы системного анализа и дать рекомендации по выбору методов для соответствующего класса систем.

При этом система, в принципе, может быть одновременно охарактеризована несколькими признаками, т. е. ей может быть найдено место одновременно в разных классификациях, каждая из которых может оказаться полезной при выборе методов моделирования.

Для задач принятия решений было предложено сопоставить классификации проблем и систем.

- **Сопоставление классификаций проблем и систем**

В теории принятия решений была принята классификация по степени неопределенности (1-й столбец в табл. 1).

Таблица 1

**Классификация проблем и систем**

Признаки классификации			Аксиоматики
Степень Неопределенности	Сструктурированность	Степень организованности	
С достаточной <i>Определенностью</i>	<i>Хорошо структуризованные</i>	<i>Хорошо организованные</i>	Аксиоматика Евклида (Евдокса). Аксиомы формальной логики Аристотеля
С <i>неопределенностью</i>	<i>Плохо структуризованные</i>	<i>Плохо организованные или диффузные</i>	Аксиоматика С. Н. Бернштейна и А.Н. Колмогорова. И др. аксиоматики теории вероятностей и математической статистики
С <i>большой начальной неопределенностью</i>	<i>Неструктуризованные</i>	<i>Самоорганизующиеся или развивающиеся</i>	Аксиомы логического базиса и законы алгебры логики Аксиоматика теории множеств и мат. лингвистики. Законы диалектической логики. Закономерности теории систем

В классификации систем *Г. Саймона* и *А. Ньюэлла* предлагалось их группирование по признаку структуризованности (хорошо структуризованные, плохо структуризованные и неструктуризованные проблемы) <sup>6</sup>.

По аналогии с этой классификацией *Ф. Е. Темниковым* и *В. Н. Волковой* было предложено деление систем *по степени организованности* <sup>7</sup>:

*хорошо организованные,  
плохо организованные или диффузные и  
самоорганизующиеся.*

Выделенные классы практически можно рассматривать как подходы к отображению объекта или решаемой задачи, которые могут выбираться в зависимости от стадии познания объекта и возможности получения информации о нем.

#### • **Идея многоуровневой аксиоматики**

Для разных классов проблем и систем необходимы различные аксиоматики <sup>8</sup>, примеры которых приведены в правом столбце табл. 1, и соответствующие им методы.

➤ Для проблем с достаточной определенностью, хорошо структуризованных, относящихся к классу хорошо организованных систем, применяют аксиомы Евклида (Евдокса) и формальной логики Аристотеля, на которых основаны методы классической математики.

➤ Для плохо организованных (диффузных) систем – аксиоматики, на которых основаны статистические методы.

➤ Для класса проблем с большой неопределенностью, характерных для самоорганизующихся и развивающихся систем, необходимо выбирать методы и модели, основанные на аксиоматиках теории множеств, математической логики и математической лингвистики, на законах диалектической логики и закономерностях теории систем.

Классификация систем по степени организованности кратко охарактеризованы в табл. 2.

---

<sup>6</sup> *Ньюэлл А., Шоу Дж., Саймон Г.* Разновидности интеллектуального обучения "вычислителя для решения задач общего типа" // В кн.: Самообучающиеся системы. – М.: Мир, 1964.

<sup>7</sup> *Волкова В. Н., Темников Ф. Е.* Подход к выбору метода формализованного представления систем // В сб.: Моделирование сложных систем. – М.: МДНТП, 1978. – С. 38-40.

<sup>8</sup> *Волкова В. Н.* Об аксиоматическом построении теории систем // Системный анализ в проектировании и управлении: Сборник научных трудов XVIII Междунар. науч.-практич. конф. Ч. 1. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – С. 13–17; *Волкова В. Н., Черный Ю. Ю.* О проблеме аксиоматического построения междисциплинарных научных направлений // Проблемы управления в социальных системах. Т. 7. Вып. 11. – Томск: Изд-во Томского университета, 2014. – С. 129 – 137.

## Классификация систем по степени организованности

Класс систем	Краткая характеристика	Возможности применения
<b>Хорошо организованная система</b>	<p>Представление объекта или процесса принятия решения в виде хорошо организованной системы возможно в тех случаях, когда исследователю удастся определить все элементы системы и их взаимосвязи между собой и с целями системы в виде <i>детерминированных</i> (аналитических, графических) зависимостей.</p> <p>На представлении этим классом систем основано большинство моделей физических процессов и технических систем.</p> <p>При представлении объекта этим классом систем проблемная ситуация может быть описана в виде <i>выражений, связывающих цель со средствами</i> (т.е. в виде критерия функционирования, критерия или показателя эффективности, целевой функции и т.п.), которые могут быть представлены уравнением, формулой, системой уравнений.</p>	<p>Применяется в тех случаях, когда может быть предложено детерминированное описание и экспериментально показана правомерность его применения, т.е. экспериментально доказана <i>адекватность</i> модели решаемой задаче, реальному объекту или процессу.</p> <p>Попытки применить этот класс систем для представления сложных многокомпонентных объектов или многокритериальных задач, которые приходится решать при разработке технических комплексов, совершенствовании управления предприятиями и организациями и т.д., практически безрезультатны, так как это требует недопустимо больших затрат времени на формирование модели, и, кроме того, как правило, не удастся поставить эксперимент, доказывающий адекватность модели</p>
<b>Плохо организованная или диффузная система</b>	<p>При представлении объекта в виде плохо организованной или диффузной системы не ставится задача определить все компоненты и их связи с целями системы. Система характеризуется некоторым набором макропараметров и закономерностями, которые выявляются на основе исследования определенной с помощью некоторых правил достаточно представительной (репрезентативной) <i>выборки</i> компонентов, отображающих исследуемый объект или процесс.</p> <p>На основе такого, <i>выборочного</i>, исследования получают характеристики или <i>закономерности</i> (статистические, экономические и т.п.), и распространяют эти закономерности на поведение системы в целом с какой-то <i>вероятностью</i> (статистической или в широком смысле использования этого термина).</p>	<p>Отображение объектов в виде диффузных систем находит широкое применение при определении пропускной способности систем разного рода, при определении численности штатов в обслуживающих, например, ремонтных цехах предприятия, в обслуживающих учреждениях (для решения подобных задач применяют методы теории массового обслуживания) и т.д.</p> <p>При применении этого класса систем о доказательство адекватности модели определяется репрезентативностью выборки, на основе которой получают <i>статистические закономерности</i>.</p> <p>Для <i>экономических закономерностей</i> способы доказательства адекватности не исследованы.</p>

Класс систем	Краткая характеристика	Возможности применения
<p><b>Самоорганизующиеся или развивающиеся системы</b></p>	<p>Класс <i>самоорганизующихся</i> или <i>развивающихся</i> систем характеризуется рядом признаков, особенностей, приближающих их к реальным развивающимся объектам.</p> <p>При исследовании этих особенностей выявлено важное отличие развивающихся систем с активными элементами от закрытых – <i>принципиальная ограниченность их формализованного описания</i>.</p> <p>Эта особенность приводит к необходимости сочетания формальных методов и методов качественного анализа. Поэтому основную конструктивную идею моделирования при отображении объекта классом самоорганизующихся систем можно сформулировать следующим образом.</p>	<p>Отображение этим классом систем позволяет исследовать наименее изученные объекты и процессы с большой неопределенностью на начальном этапе постановки задачи. Примерами таких задач являются задачи, возникающие при проектировании сложных технических комплексов, при исследовании и разработке систем управления организациями.</p> <p>Большинство из моделей и методик системного анализа основано на представлении объектов в виде самоорганизующихся систем, хотя не всегда это особо оговаривается.</p> <p>При формировании таких моделей меняется привычное представление о моделях,</p>
	<p>Разрабатывается знаковая система, с помощью которой фиксируют известные на данный момент компоненты и связи, а затем, путем преобразования полученного отображения с помощью выбранных или принятых подходов и методов (<i>структуризации</i> или <i>декомпозиции</i>; <i>композиции</i>, поиска <i>мер близости</i> на пространстве состояний и т.п.), получают новые, неизвестные ранее компоненты, взаимоотношения, зависимости, которые могут либо послужить основой для принятия решений, либо подсказать последующие шаги на пути подготовки решения.</p> <p>Таким образом можно накапливать информацию об объекте, фиксируя при этом все новые компоненты и связи (правила взаимодействия компонентов), и, применяя их, получать отображения последовательных состояний развивающейся системы, постепенно формируя все более адекватную модель реального, изучаемого или создаваемого объекта. При этом информация может поступать от специалистов различных областей знаний и накапливаться во времени по мере ее возникновения (в процессе познания объекта)</p>	<p>характерное для математического моделирования и прикладной математики. Изменяется представление и о доказательстве адекватности таких моделей.</p> <p>Адекватность модели доказывается как бы последовательно (по мере ее формирования) путем оценки правильности отражения в каждой последующей модели компонентов и связей, необходимых для достижения поставленных целей.</p> <p>При представлении объекта классом самоорганизующихся систем задачи определения целей и выбора средств, как правило, разделяются. При этом задачи определения целей, выбора средств, в свою очередь, могут быть описаны в виде самоорганизующихся систем, т.е. разработку структуры основных направлений развития организации, структуры функциональной и обеспечивающей части автоматизированной системы управления, организационной структуры предприятия и т.д. следует также рассматривать как развивающиеся системы</p>

Рассматриваемые в таблице классы систем удобно использовать как подходы на начальном этапе моделирования любой задачи. Этим классам можно поставить в соответствие методы моделирования систем, и таким образом, определив класс системы, можно дать рекомендации по выбору метода или подхода, который позволит более адекватно ее отобразить.

Проблемным ситуациям с большой начальной неопределенностью в большей мере соответствует представление объекта третьим классом систем. В этом случае моделирование становится как бы своеобразным «механизмом» развития системы.

Проявление противоречивых особенностей развивающихся систем и объясняющих их закономерностей в реальных объектах необходимо изучать, постоянно контролировать, отражать в моделях и искать методы и средства, позволяющие регулировать степень их проявления.

Эти особенности объясняют важное отличие развивающихся систем с активными элементами от закрытых:

пытаясь понять принципиальные возможности моделирования таких систем, уже первые исследователи отмечали, что

*начиная с некоторого уровня сложности, систему легче изготовить и ввести в действие, преобразовать и изменить, чем формально описать.*

По мере накопления опыта исследования и преобразования таких систем это наблюдение подтверждалось, и была осознана их основная особенность – *принципиальная ограниченность формализованного описания развивающихся, самоорганизующихся систем.*

Эта особенность, т.е. необходимость сочетания формальных методов и методов качественного анализа и положена в основу большинства методик системного анализа.

Для выбора методов познания и моделирования открытых систем с активными элементами необходимо учитывать особенности таких систем и объясняющие их закономерности.