**Понятие сложной системы**

***Система называется большой***, если ее исследование или моделирование затруднено из-за большой размерности, т.е. множество состояний системы S имеет большую размерность. Какую же размерность нужно считать большой? Об этом мы можем судить только для конкретной проблемы (системы), конкретной цели исследуемой проблемы и конкретных ресурсов.  
Большая система сводится к системе меньшей размерности использованием более мощных вычислительных средств (или ресурсов) либо разбиением задачи на ряд задач меньшей размерности (если это возможно).  
Пример. Это особенно актуально при разработке больших вычислительных систем, например, при разработке компьютеров с параллельной архитектурой или алгоритмов с параллельной структурой данных и с их параллельной обработкой.  
***Система называется сложной***, если в ней не хватает ресурсов (главным образом, информационных) для эффективного описания (состояний, законов функционирования) и управления системой - определения, описания управляющих параметров или для принятия решений в таких системах (в таких системах всегда должна быть подсистема принятия решения).   
Пример. Сложными системами являются, например, химические реакции, если их исследовать на молекулярном уровне; клетка биологического образования, взятая на метаболическом уровне; мозг человека, если его исследовать с точки зрения выполняемых человеком интеллектуальных действий; т.е макроэкономика; человеческое общество - на политико-религиозно-культурном уровне; ЭВМ (особенно пятого поколения) как средство получения знаний; язык - во многих аспектах его рассмотрения.  
***Сложность системы может быть внешней и внутренней***.  
Внутренняя сложность определяется сложностью множества внутренних состояний, потенциально оцениваемых по проявлениям системы и сложности управления в системе.  
Внешняя сложность определяется сложностью взаимоотношений с окружающей средой, сложностью управления системой, потенциально оцениваемых по обратным связям системы и среды.  
***Сложные системы бывают разных типов сложности***:  
- структурной или организационной (не хватает ресурсов для построения, описания, управления структурой);  
- динамической или временной (не хватает ресурсов для описания динамики поведения системы и управления ее траекторией);  
- информационной или информационно-логической, инфологической (не хватает ресурсов для информационного, информационно-логического описания системы);  
- вычислительной или реализации, исследования (не хватает ресурсов для эффективного прогноза, расчетов параметров системы, или их проведение затруднено из-за нехватки ресурсов);  
- ***алгоритмической или конструктивной (не хватает ресурсов для описания алгоритма функционирования или управления системой, для функционального описания системы***);  
- развития или эволюции, самоорганизации (не хватает ресурсов для устойчивого развития, самоорганизации).  
Структурная сложность системы оказывает влияние на динамическую, вычислительную сложность. Изменение динамической сложности может привести к изменениям структурной сложности, хотя это не является обязательным условием. Сложной системой может быть и система, не являющаяся большой системой; существенным при этом может стать связность (сила связности) элементов и подсистем системы (см. вышеприведенный пример с матрицей системы линейных алгебраических уравнений).  
Сложность системы определяется целями и ресурсами (набором задач, которые она призвана решать).  
Пример. Сложность телекоммуникационной сети определяется:  
- необходимой скоростью передачи данных;  
- протоколами, связями и типами связей (например, для селекторного совещания необходима голосовая телеконференция);  
- необходимостью видеосопровождения.   
Само понятие сложности системы не является чем-то универсальным, неизменным и может меняться динамически, от состояния к состоянию. При этом и слабые связи, взаимоотношения подсистем могут повышать сложность системы.

**Понятие** **большой** **и** **сложной** **системы**. **Система** называется **большой**, если ее исследование или моделирование затруднено из-за **большой** размерности, т.е. множество состояний **системы** S имеет **большую** размерность.

Понятие сложности включает такие факторы, как противоинтуитивное поведение СУ, невозможность предсказания ее поведения без специального анализа и вычислений, уникальность и т.д.

Четкой границы, отделяющей простые системы от сложных, нет. Деление это условное и возникло из-за появления систем, обладающих функциональной избыточностью. Например, простая система может находиться только в двух состояниях: состоянии работоспособности и состоянии отказа. При отказе какого-либо элемента простая система либо полностью прекращает выполнение своей функции, либо продолжает ее выполнение в полном объеме, если отказавший элемент резервирован. Сложная система при отказе отдельных элементов и даже целых подсистем не всегда теряет работоспособность, зачастую только снижаются характеристики ее эффективности. Это свойство сложных систем обусловлено их функциональной избыточностью и, в свою очередь, затрудняет формулировку понятия “отказ” системы. 

Двоякая природа сложности

Сложность – понятие многогранное, поэтому в различных проблемах проявляются разные аспекты сложности.   
  
Одним из важных аспектов понятия сложности является ее двоякая природа. Следует различать *структурную* (статическую) сложность, включающую связность и структуру подсистем, и *динамическую* сложность , связанную с поведением системы во времени. Эти свойства, вообще говоря, независимы.   
  
Даже в элементарных системах могут возникать совершенно неожиданные (и неприятные) явления, если сложность взаимосвязей не изучена должным образом. Парадоксальное поведение может быть вызвано вовсе не наличием нелинейности, стохастических эффектов, а порождается исключительно структурой системы, имеющимися связями и ограничениями, присущими компонентам системы. 

**11.3.Структурная сложность**

Сущность понятия структурной сложности связана с тем, что компоненты (подсистемы) СУ связаны между собой запутанным, трудным для непосредственного восприятия образом. Это типичный пример структурной сложности. При этом имеем дело только со структурой коммуникационных каналов и схемой взаимодействия компонент СУ, пренебрегая динамическими аспектами. Однако и в этом случае необходимо принять во внимание еще и другие аспекты связанности структуры.

**11.6.Вычислительная сложность**

В информатике, теория сложности вычислений является разделом теории вычислений, изучающим стоимость работы, требуемой для решения вычислительной проблемы. Стоимость обычно измеряется абстрактными понятиями времени и пространства, называемыми вычислительными ресурсами. Время определяется количеством элементарных шагов, необходимых для решения проблемы, тогда как пространство определяется объёмом памяти или места на носителе данных. Таким образом, в этой области предпринимается попытка ответить на центральный вопрос разработки алгоритмов: «как изменится время исполнения и объём занятой памяти в зависимости от размера входа и выхода?». Здесь под размером входа понимается длина описания данных задачи в битах (например, в задаче коммивояжера длина входа пропорциональна количеству городов и дорог между ними), а под размером выхода — длина описания решения задачи (оптимального маршрута в задаче коммивояжера).   
 В частности, теория сложности вычислений определяет NP-полные задачи, которые недетерминированная машина Тьюринга может решить за полиномиальное время, тогда как для детерминированной машины Тьюринга полиномиальный алгоритм неизвестен. Обычно это сложные проблемы оптимизации, например, задача коммивояжера.