

Теория систем и системный анализ

Тема 7. Общесистемные закономерности

План лекции

1. Закономерности взаимодействия части и целого
2. Закономерности иерархической упорядоченности систем
3. Энтропийные закономерности
4. Закономерности развития
5. Другие закономерности
6. Выводы

Введение

Закономерностью называют часто наблюдаемое, типичное свойство (связь или зависимость), присущее объектам и процессам, которое устанавливается опытом.

Общесистемные закономерности – это закономерности, характеризующие принципиальные особенности построения, функционирования и развития сложных систем.

1. Закономерности взаимодействия части и целого. Эмерджентность

Эмерджентность (от англ. emergence – возникновение, появление нового) – это возникновение в системе новых интегративных качеств, не свойственных ее компонентам.

Чем проще система, чем из меньшего числа элементов и связей она состоит, тем меньше проявляется ее системное качество, и чем сложнее система, тем более непохожим ее системный эффект по сравнению со свойствами каждого элемента.

Невозможно предсказать свойства системы в целом, разбирая и анализируя ее по частям!!!

1. Закономерности взаимодействия части и целого. Целостность

Если изменение в одном элементе системы вызывает изменения во всех других элементах и в системе в целом, то говорят, что система ведет себя как **целостность** или как некоторое связанное образование.

Целостность возникает благодаря связям в системе, которые осуществляют перенос (передачу) свойств каждого элемента системы ко всем остальным элементам.

1. Закономерности взаимодействия части и целого.

Целостность

Предельным случаем целостности является **абсолютная целостность**. Благодаря абсолютно жестким связям такая система может находиться только в одном состоянии, поэтому энтропия ее равна нулю. Абсолютно жесткие связи подразумевают передачу свойств от элемента к элементу без потерь (с коэффициентом $k=1$).

В реальных системах связи между элементами не являются абсолютно жесткими ($k < 1$), из за чего система может находиться в нескольких состояниях. В этом случае воздействие на элемент системы отразится во всех элементах и в системе в целом, но с некоторым затуханием.

1. Закономерности взаимодействия части и целого.

Целостность

К важным аспектам целостности следует отнести соотношение свойств системы с суммой свойств составляющих ее элементов: свойства системы Q_S не являются простой суммой свойств составляющих ее элементов (частей) q_i :

$$Q_S \neq Q_\Sigma, \text{ где } Q_\Sigma = \sum q_i.$$

Объединенные в систему элементы, как правило, утрачивают часть своих свойств (вернее утрачивают способность проявлять часть своих свойств), присущим им вне системы (Q^-), но с другой стороны, элементы, попав в систему, получают возможность проявить свои потенциальные свойства, которые не могли быть проявлены вне системы (Q^+):

$$Q_S = (Q_\Sigma \setminus Q^-) \cup Q^+.$$

1. Закономерности взаимодействия части и целого.

Аддитивность

Противоположный случай – поведение объекта, состоящего из совокупности частей, совершенно не связанных между собой; здесь изменение в каждой части зависит только от самой части. Такое свойство называют **физической аддитивностью**.

Если изменения в системе представляют собой сумму изменений в ее отдельных частях, то такое поведение называется **обособленным**, или физически **суммативным**.

1. Закономерности взаимодействия части и целого. Синергизм

Синергизм (от греч. сотрудничество, содействие) проявляется в виде мультипликативного эффекта при однонаправленных действиях.

Мультипликативность отличается от аддитивности тем, что отдельные эффекты не суммируются, а перемножаются.

части и целого. Прогрессирующая изоляция и прогрессирующая систематизация

Асаф Холл (амер. астроном):

прогрессирующая факторизация – стремление системы к состоянию со все более независимыми элементами;

прогрессирующая систематизация – стремление системы к уменьшению самостоятельности элементов, т.е. к большей целостности.

части и целого. Прогрессирующая изоляция и прогрессирующая систематизация

Если изменения в системе приводят к постепенному переходу от целостности к суммативности, то говорят, что система подвержена **прогрессирующей изоляции** (факторизации).

Следствия:

- 1) распад системы на независимые части с потерей общесистемных свойств;
 - 2) изменения в направлении возрастающего деления на подсистемы с увеличением их самостоятельности или в направлении возрастающей дифференциации функций, что характерно для систем, включающих в себя некоторый творческий рост или процессы эволюции и развития.
-

части и целого. Прогрессирующая изоляция и прогрессирующая систематизация

Прогрессирующая систематизация – это, в противоположность прогрессирующей изоляции, процесс, при котором изменение системы идет в сторону целостности.

Прогрессирующая систематизация может состоять в усилении ранее существовавших связей между частями системы, появлении и развитии новых связей между ранее несвязанными между собой элементами или подсистемами, добавлении в систему новых элементов.

1. Закономерности взаимодействия части и целого. Изоморфизм и изофункционализм

Изоморфизм – это сходство объектов по форме и строению.

Это означает, что системы, рассматриваемые отвлеченно от природы составляющих ее элементов, являются изоморфными друг другу, если каждому элементу одной системы соответствует лишь один элемент второй и каждой связи в первой системе соответствует связь во второй и наоборот.

1. Закономерности взаимодействия части и целого. Изоморфизм и изофункционализм

Если ввести в описание систем в качестве параметра время, т.е. рассматривать их в динамике, то понятие изоморфизма можно расширить до понятия **изфункционализма** и с его помощью рассматривать сходные процессы.

Системы, находящиеся между собой в состоянии изоморфизма и изофункционализма, имеют сходные системные свойства.

2. Закономерности иерархической упорядоченности систем

Иерархическая упорядоченность мира была создана уже в Древней Греции. Такая упорядоченность наблюдается на любом уровне развития Вселенной: химическом, физическом, биологическом, социальном.

Иерархия – это соподчиненность, любой согласованный по подчиненности порядок объектов.

2. Закономерности иерархической упорядоченности систем.

Коммуникативность

Любая система не изолирована от других систем, но связана множеством коммуникаций с окружающей средой, которая представляет собой сложное и неоднородное образование, содержащее:

- надсистему;
- элементы или подсистемы;
- системы одного уровня с рассматриваемой.

Такое сложное единство системы со средой названо закономерностью **КОММУНИКАТИВНОСТИ**.

2. Закономерности иерархической упорядоченности систем.

Иерархичность

Закономерность **иерархичности** наблюдается в том, что любую систему можно представить в виде иерархического образования.

При этом на всех уровнях иерархии действует закономерность целостности. Более высокий иерархический уровень объединяет элементы нижестоящего и оказывает на них направленное воздействие. В результате подчиненные члены иерархии приобретают новые свойства, отсутствовавшие у них в изолированном состоянии. А возникшее в результате объединения нижестоящих элементов новое целое приобретает способность осуществлять новые функции, в чем и состоит цель образования иерархий.

3. Энтропийные закономерности

Понятие «энтропия» ввел в 1865 году немецкий физик, механик и математик Рудольф Клаузиус: это функция состояния термодинамической системы, характеризующая направленность тепловых процессов.

В системном анализе **энтропия** Э служит количественной мерой беспорядка (свободы, разнообразия) в системе и определяется числом допустимых состояний системы N_S :

$$Э = \ln N_S.$$

3. Энтропийные закономерности

Открытая система - это система, способная обмениваться с окружающей средой массой, энергией и информацией.

Закрытая, или **замкнутая система** лишена этой возможности, т.е. полностью изолирована от среды.

Для замкнутых систем справедливо **второе начало термодинамики**: энтропия замкнутой системы монотонно возрастает (не убывает) со временем, вплоть до достижения максимального значения в конечном равновесном состоянии, когда число допустимых состояний системы максимально.

3. Энтропийные закономерности

В незамкнутых системах энтропия может как увеличиваться, так и уменьшаться. Поэтому в открытых системах возможно снижение энтропии. Подобные системы могут сохранять свой высокий уровень организованности и даже развиваться в сторону увеличения порядка сложности.

Для повышения организованности (снижения энтропии) системы применяют **управление**. Именно поэтому так важен хороший обмен информацией со средой для эффективного решения задач управления, т.е. в качестве противоположности энтропии выступает обратная ей по знаку величина – **информация**, действие которой выражается в тенденции к увеличению упорядоченности и уменьшению неопределенности.

3. Энтропийные закономерности. Принцип компенсации энтропии

Энтропия неизолированной системы может быть уменьшена только за счет компенсирующего увеличения энтропии в другой или других системах, взаимодействующих с данной.

Прогресс не может быть общим для всех частей системы. Снижению энтропии в одной части системы обязательно сопровождается повышением энтропии в другой части или окружающей среде. Поэтому невозможен всемирный прогресс и благоденствие, если мы не научимся отводить от планеты лишнюю энтропию (отходы) во внешнюю среду.

3. Энтропийные закономерности. Закон «необходимого разнообразия» Эшби

Для уменьшения разнообразия (беспорядка) необходимо привести в систему информацию (управляющее воздействие) – **негэнтропию**, которую ошибочно представляют как энтропию с отрицательным знаком.

Негэнтропия измеряется в тех же единицах, что и энтропия, направление ее действия противоположно энтропии. Несмотря на это негэнтропия и энтропия изменяются по самостоятельным закономерностям, и их абсолютные значения мало зависят друг от друга.

При прогрессивном развитии системы, при ее организации и упорядочении больше увеличивается негэнтропия, чем энтропия.

При деструктуризации, деградации- наоборот.

3. Энтропийные закономерности. Закон «необходимого разнообразия» Эшби

Какие имеются возможности по уменьшению энтропии объекта субъектом?

Уильм Росс Эшби (анг. кибернетик):

Когда лицо N , принимающее решение, сталкивается с проблемой D , решение которой для него неочевидно, то имеет место некоторое разнообразие возможных решений, оцениваемой энтропией \mathcal{E}_D . Этому разнообразию противостоит разнообразие исследователя \mathcal{E}_N – разнообразие известных ему методов и приемов решения проблемы и способность сгенерировать новые. Задача исследователя состоит в том, чтобы свести разность разнообразий $\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_D - \mathcal{E}_N$ к минимуму, в идеале – к нулю.

3. Энтропийные закономерности. Закон «необходимого разнообразия» Эшби

Эшби доказал теорему, на основе которой делается следующий вывод:

ΔЭ может быть уменьшена только за счет роста \mathcal{E}_N .

Только разнообразие в N может уменьшить разнообразие, создаваемое в D, только разнообразие может уничтожить разнообразие.

Итак, для *успешного решения задачи управления управляющая система (техническая или организационная) должна иметь большее (или, по крайней мере, равное) разнообразие (свободу выбора), чем объект управления:*

$$\mathcal{E}_N \geq \mathcal{E}_D.$$

4. Закономерности развития. Историчность

Жизненный цикл – это период времени от возникновения потребности в системе и ее становления до снижения эффективности системы и ее «смерти» или ликвидации системы.

В последнее время понятие жизненного цикла стали связывать с **закономерностью историчности** – время является неременной характеристикой системы, поэтому каждая система исторична.

При проектировании системы рекомендуется рассматривать не только вопросы создания и обеспечения системы, но и вопросы ее ликвидации и уничтожения.

4. Закономерности развития. Рост и развитие

Рост – увеличение в числе и размерах.

Развитие – это изменения процессов в системе во времени, выраженное в количественных, качественных и структурных преобразованиях от низшего (простого) к высшему (сложному).

Всякому изменению должна быть причина, и такой причиной является наличие проблемы или противоречия, которые порождают кризис, а он, в свою очередь, часто служит основой нового развития.

Кризис – это резкий, крутой перелом в чем-либо.

4. Закономерности развития. Рост и развитие

Наряду с положительными тенденциями, приписываемыми росту и развитию, можно говорить и об отрицательных тенденциях: отрицательный рост – сокращение, уменьшение и отрицательное развитие – деградация, дезорганизация, деструкция.

Деградация – это постепенное ухудшение, снижение или утрата положительных качеств, упадок, вырождение.

4. Закономерности развития.

Закономерность неравномерного развития

Чем сложнее система, тем более неравномерно развиваются ее составные части.

При этом в процессе функционирования или развития системы ее элементы выполняют свои локальные функции в соответствии со своим темпом. Это закономерно приводит к рассогласованию темпов выполнения функций элементами, что создает угрозу целостности системы ее способности выполнять свои функции, а также к дезорганизации всей системы вплоть до ее остановки .

4. Закономерности развития.

Закономерность увеличения степени идеальности

Развитие всех систем идет в направлении увеличения степени идеальности.

Подразумевается, что идеальная система – это такая система, у которой вес, объем, ненадежность, потребление ресурсов стремится к нулю, хотя при этом способность системы выполнять свои функции не уменьшается.

4. Закономерности развития.

Закономерность внутрисистемной и межсистемной конвергенции

Конвергенция означает схождение, сближение, взаимовлияние, взаимопроникновение между системами или между разными элементами внутри системы.

Конвергенция возникает:

- при наличии общей среды обитания для двух систем;
- при открытости обеих систем, что позволяет факторам среды воздействовать на внутренние структуры систем;
- при отсутствии противостояния и борьбы между системами;
- в случае взаимного влияния систем, что ускоряет процесс взаимного обмена сходством.

4. Закономерности развития.

Эквифинальность

Эквифинальность – это способность системы достигать определенного состояния, которое не зависит ни от времени, ни от ее начальных условий, а определяется исключительно ее параметрами.

Эта закономерность характеризует предельные возможности системы, что важно учитывать при проектировании как организаций, так и информационных систем.. Это одна из наименее исследованных закономерностей.

5. Другие закономерности. Полисистемность

Любой объект окружающего мира принадлежит одновременно многим системам.

При этом между всеми системами, которым принадлежит общий элемент, существуют противоречия: каждая из этих систем стремится к своей, особой цели, используя любой свой элемент в качестве средства.

5. Другие закономерности.

Противодействие системы внешнему возмущению

Если существующее равновесие системы подвергается внешнему воздействию, изменяющему какие-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению. (Анри Луи Ле Шателье, французский химик)

При внешнем возмущении, нарушающем условие равновесия, в системе развиваются противоположно действующие процессы, и до определенного уровня возмущения они нейтрализуют внешнее возмущение. (Евграф Степанович Федоров, русский кристаллограф, математик)

Целое препятствует нарушению целостности. (Михаил Иванович Сетров, советский, российский ученый, философ).

5. Другие закономерности.

Закономерность наиболее слабых мест

Устойчивость всей системы зависит от наиболее слабых элементов.

Структурная устойчивость (неразрушимость, приспособленность) системы определяется устойчивостью наиболее слабой подсистемы.

5. Другие закономерности.

Закономерность 80/20

Итальянский экономист Вильфредо Парето 1897 г.:

80% земли в Италии принадлежит 20% ее жителей.

Позднее он доказал, что замеченное правило применимо и в других областях.

Впоследствии он сформулировал правило, называемое «Принцип Парето» или «правило 80/20».

Исходя из этого правила, не всегда работа должна быть выполнена как можно лучше, часто вполне достаточно удовлетворительного результата. 20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% - лишь 20%. Дальнейшие улучшения не всегда оправданы.

Спасибо за
внимание!!!