

Системный анализ

Тема 1. Основные понятия теории систем

Лектор: Захарова Александра Александровна

д.т.н., доцент

2020

Содержание

- 1. Эволюция системных исследований**
2. Понятие системы
3. Понятия, характеризующие строение систем
4. Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем

Эволюция системных исследований

Слово "**система**" (организм, строй, союз, целое, составленное из частей) возникло в Древней Греции около 2000 лет назад.

Древние ученые (Аристотель, Демокрит, Платон и другие) рассматривали сложные тела, процессы и мифы мироздания как составленные из различных систем. Аристотель определял систему, как упорядоченность и целостность бытия.

Термин «система» и связанные с ним понятия комплексного, системного подхода исследовались и подвергались осмыслению философами, биологами, психологами, кибернетиками, физиками, инженерами различных специальностей.

Эволюция системных исследований

- **Философия** внесла большой вклад в осознание системности материи и человеческого познания, выполняя роль интеграции, организации взаимосвязей и взаимодействия между различными научными направлениями.
- Развитие **астрономии** (Коперник, Галилей, Ньютон и другие) позволило перейти к гелиоцентрической системе мира, к категориям типа "вещь и свойства", "целое и часть", "субстанция и атрибуты", "сходство и различие" и др.
- **Естествоиспытатели XIX-XX вв.** (Богданов, Берталани, Винер, Эшби, Цвикки и другие) не только актуализировали роль модельного мышления и моделей в естествознании, но и сформировали основные системообразующие принципы, принципы системности научного знания, "соединили" теорию открытых систем, философские принципы и достижения естествознания.

Эволюция системных исследований

- ✓ академик Е.С. Федоров в 1891 г. сделал одно из величайших открытий в области минералогии и кристаллографии — существует только 230 типов структур кристаллических решеток и из них сформировано все разнообразие реального мира (эта идея типизации базовых структур обнаружилась и в языкознании и в музыке).
- ✓ А.А. Богданов в труде «Всеобщая организационная наука (тектология)» (1911–1925 гг.) исследовал общие закономерности развития организации. Основная идея тектологии Богданова состоит в том, что все существующие объекты и процессы (физические, биологические, общественные) имеют определенную степень, уровень организованности
- ✓ биолог Л. фон Берталанфи В 30-е годы XX века австрийский выдвинул идею построения теории, приложимой к системам любой природы, названной им общей теорией систем. Самым важным достижением Берталанфи является введение понятия «открытой» системы. Берталанфи и его последователи стремились разработать формальный логико-математический аппарат теории систем. Однако задача до сих пор полностью не решена.

Эволюция системных исследований

- в 1948 г. американский математик Норберт Винер опубликовал книгу «**Кибернетика**». Винер крупно продвинулся в формализации процессов управления в больших технических системах, созданных на принципах поведения живых организмов. Впоследствии многие подходы и методы кибернетики были перенесены на управление организационными системами.

Благодаря кибернетике в системном анализе сформировались следующие подходы: типизация моделей систем; формализация процессов управления; информационное моделирование и вычислительные эксперименты; оптимизация процессов и систем.

- Как одно из направлений общей теории систем и кибернетики можно рассматривать **синергетику**, наибольший вклад в создание которой внесли И. Пригожин и Г. Хакен. Это новая междисциплинарная теория, в центре внимания которой находятся явления самоорганизации в живой и неживой природе, механизмы самопроизвольного усложнения формы материи или появления из хаоса упорядоченных структур

Эволюция системных исследований

К настоящему времени получили признание научного сообщества следующие основные направления системных исследований:



Системный анализ иногда определяют как «формализованный здравый смысл» или как «здравый смысл, на службу которому поставлены математические методы».

Эволюция системных исследований

- **Общая теория систем** (теория систем) — научная и методологическая концепция исследования объектов, представляющих собой **системы**. Она тесно связана с системным подходом и является конкретизацией его принципов и методов. Первый вариант общей теории систем был выдвинут Людвигом фон Берталанфи.
- **Системный подход** — направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов (И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин); совокупности взаимодействующих объектов (Л. фон Берталанфи); совокупности сущностей и отношений (А. Д. Холл, Р. И. Фейджин, поздний Л. фон Берталанфи).

Эволюция системных исследований

- **Системология** (термин предложен в 1965 г. И.Б. Новиком) создавалась как одно из направлений теории систем, ориентированное на применение системного подхода в разных сферах человеческой деятельности. Некоторые исследователи используют термин «системология» как аналог «системного анализа», однако фактически сложилось так, что большинство работ по системологии рассматривают онтологические, семиотические и лингвистические аспекты системного подхода (например, работы Мельникова, Дж. Клира).
- **Системотехника** — объектом являются сложные технические комплексы, называемые также системами «человек — машина», интегрированными системами, большими системами, системотехническими комплексами. Целью исследований являются методы создания, совершенствования и использования сложных технических комплексов.

Эволюция системных исследований

- **Кибернетика** — наука об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах, будь то машины, живые организмы или общество.
- **Исследование операций** возникло в связи с задачами военного характера, однако в дальнейшем получило широкое распространение в экономических задачах, при решении проблем организации производства и управления предприятиями. Это направление широко использует математический аппарат, в частности, методы оптимизации, математического программирования и математической статистики.

Эволюция системных исследований

- **Кибернетика** — наука об общих закономерностях получения, хранения, преобразования и передачи информации в сложных управляющих системах, будь то машины, живые организмы или общество.
- **Исследование операций** возникло в связи с задачами военного характера, однако в дальнейшем получило широкое распространение в экономических задачах, при решении проблем организации производства и управления предприятиями. Это направление широко использует математический аппарат, в частности, методы оптимизации, математического программирования и математической статистики.

Эволюция системных исследований

- **Системный анализ.** В центре внимания этой научной дисциплины находятся методы ликвидации сложных проблем в условиях неполноты информации, ограниченности ресурсов, дефицита времени.
- То есть СА - методология исследования сложных, часто не вполне определенных проблем теории и практики.

С практической точки зрения системный анализ есть система методов исследования или проектирования сложных систем для ликвидации проблемных ситуаций.

СА широко применяется для изучения социально-экономических систем (предприятий, компаний, корпораций и других бизнес-систем), управления их функционированием и развитием.

Эволюция системных исследований

СА предоставляет к использованию в различных науках, системах следующие системные методы и процедуры:

1. абстрагирование и конкретизация;
2. анализ и синтез, индукция и дедукция;
3. формализация и конкретизация;
4. композиция и декомпозиция;
5. линеаризация и выделение нелинейных составляющих;
6. структурирование и реструктурирование;
7. макетирование;
8. реинжиниринг;
9. алгоритмизация;
10. моделирование и эксперимент;
11. программное управление и регулирование;
12. распознавание и идентификация;
13. кластеризация и классификация;
14. экспертное оценивание и тестирование;
15. верификация;
16. И др.

Эволюция системных исследований

Наибольший вклад в зарождение и развитие системного анализа, системного мышления внесли такие ученые, как Р. Декарт, Ф. Бэкон, И. Кант, И. Ньютон, Ф. Энгельс, А.И. Берг, А.А. Богданов, Н. Винер, Л. Берталанфи, Ч. Дарвин, И. Пригожин, Э. Эшби, А.А. Ляпунов, Н.Н. Моисеев и другие.

Идеи системного анализа развивали также А. Аверьянов, Р. Акофф, В. Афанасьев, Р. Абдеев, И. Блауберг, Н. Белов, Л. Бриллюэн, Н. Бусленко, В. Волкова, Д. Гвишиани, В. Геодакян, К. Гэйн, Дж. ван Гиг, А. Денисов, Е. Дубровский, В. Завадский, Ю. Климонтович, Д. Колесников, Э. Квейд, В. Кузьмин, О. Ланге, Е. Луценко, В. Лекторский, В. Лефевр, Ю. Либих, А. Малиновский, М. Месарович, В. Могилевский, К. Негойце, Н. Овчинников, С. Оптнер, Дж. Патерсон, Ф. Перегудов, Д. Пospelов, А. Рапопорт, Л. Растригин, С. Родин, Л. Розенблют, В. Садовский, В. Сегал, В. Симанков, Б. Советов, В. Солодовников, Ф. Тарасенко, К. Тимирязев, А. Уемов, Ю. Черняк, Г. Хакен, Дж. Холдейн, Г. Шустер, А. Шилейко, Г. Щедровицкий, Э. Юдин, С. Яковлев, С. Янг и многие другие.

Содержание

1. Эволюция системных исследований
- 2. Понятие системы**
3. Понятия, характеризующие строение систем
4. Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем

Понятие системы

Система чаще всего интерпретируется как совокупность (множество) взаимосвязанных элементов, определяющих целостность образования (т.е. данного множества) благодаря тому, что его свойства не сводятся к свойствам составляющих его элементов.

В практическом использовании система используется:

- для обозначения некоторого реально существующего явления (объекта);
- как метод изучения и представления этого явления.

Понятие системы

Существует два подхода к определению системы:

- **дескриптивный** - описательный, объясняющий, что представляет собой система, из чего она состоит и чем характеризуется (то есть как отличить системный объект от несистемного);
- **конструктивный** - объясняющий как построить систему путем выделения ее из окружающей среды. Система рассматривается как функция от цели, т. е. что считать системой определяется тем, для чего, с какой целью человек выделяет систему. Таким образом, в определение системы вводятся такие понятия, как субъект (наблюдатель, исследователь) и цель (задача) исследования системы.

Дескриптивные определения системы

«**Система** есть совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое» (Ф.П. Тарасенко).

«**Система** есть совокупность объектов, свойство которой определяется отношением между этими объектами» (Ф.И. Перегудов и др.)

«**Система** — множество объектов, на котором реализуется определенное отношение с фиксированными свойствами» (А.И. Уемов)

«**Система** - комплекс взаимодействующих компонентов» (Л. фон Берталанфи»).

«**Система** — это множество элементов, структура которого является необходимым и достаточным условием наличия качества данного множества» (В.Н. Сагатовский).

Конструктивные определения системы

«**Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала» (Б.А. Гладких, В.М. Люханов, Ф.И. Перегудов [и др.])

«**Система** есть отражение в сознании субъекта (исследователя, наблюдателя) свойств объектов и их отношений в решении задачи исследования, познания» (Ю.И. Черняк).

«**Системой** является то, что мы хотим рассматривать как систему» (Дж. Клир).

«**Система** есть средство достижения цели» (Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко).

Определение системы через термины теории множеств

Самому общему определению системы как совокупности взаимосвязанных элементов соответствует следующая запись:

$$S \underset{def}{\equiv} \langle V, R \rangle, \quad (1)$$

где: V — множество элементов системы;
 R — множество отношений между элементами.

Если система состоит из элементов различной природы:

$$S \subseteq V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$$

или $S \underset{def}{\equiv} \langle V_1, V_2, \dots, V_n, R \rangle,$ (2)

где V_i — множество однородных элементов некоторого вида.

Определение системы через термины теории множеств

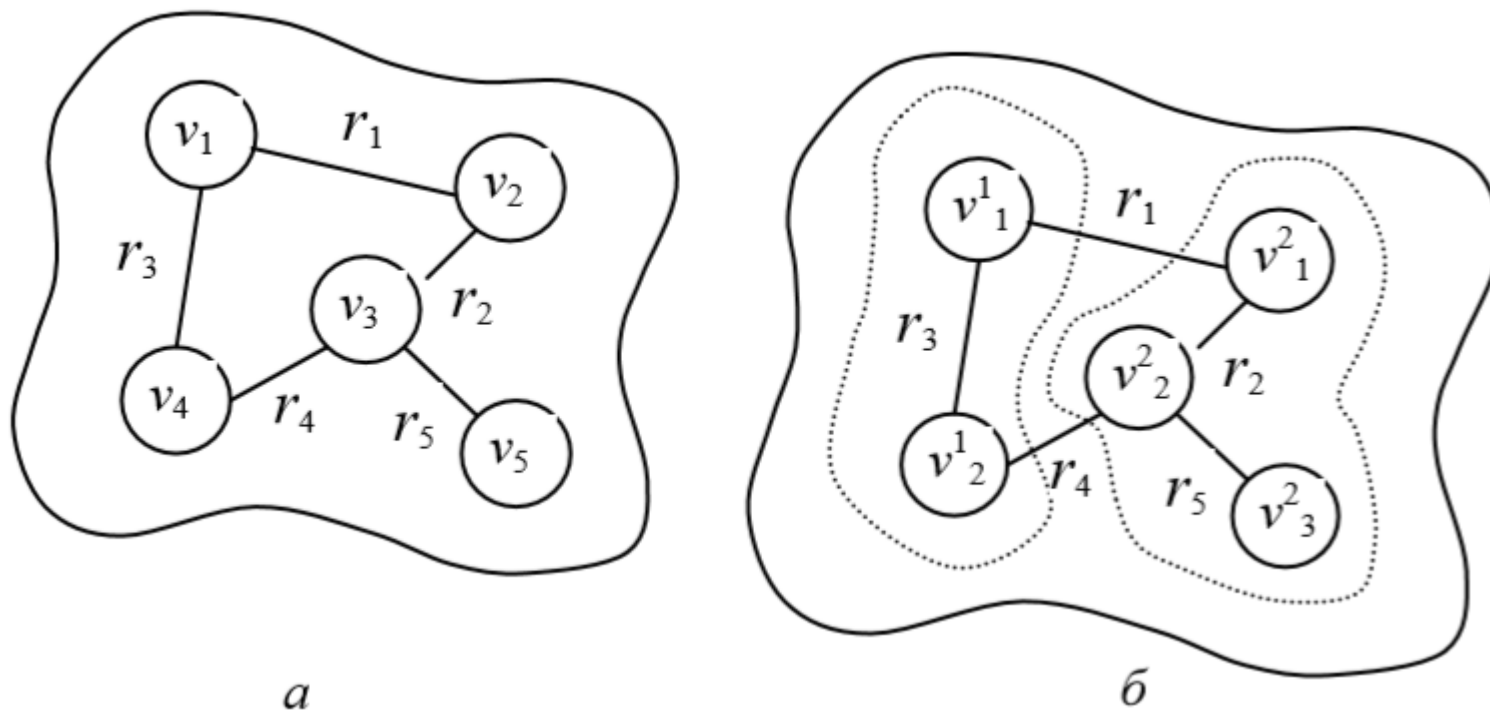


Рис. 1 Представление системы в виде множеств:
а — с однородными элементами; б — с разнородными элементами

Определение системы через термины теории множеств

Все элементы можно разделить на два типа множеств:

- множество входных объектов X , воздействующих на систему,
- множество выходных результатов Y .

В этом случае систему определяют как

$$S \subseteq X \times Y$$

Можно задать систему как функцию выходных объектов от входов

$$S: X \rightarrow Y$$

Определение системы через термины теории множеств

Если ввести в определение множество свойств (атрибутов) Q :

$$\underset{def}{S} \equiv \langle V_1, V_2, \dots, V_n, Q, R \rangle,$$
$$Q = Q_s \cup Q_v, \tag{3}$$

где Q_s — множество свойств системы;

Q_v — множество свойств элементов.

Если включить наблюдателя N (лицо, представляющее объект или процесс в виде системы) и цель \underline{Z} (совокупность или структуру целей):

$$\underset{def}{S} \equiv \langle V_1, V_2, \dots, V_n, Q, R, N, Z \rangle \tag{4}$$

Определение системы через термины теории множеств

Дополнительно в формулу могут быть введены:

- окружающая среда Sr системы
- интервал времени ΔT , т. е. период, в рамках которого будет существовать система и её цели:

$$S \underset{def}{\equiv} \langle V_1, V_2, \dots, V_n, Q, R, N, Z, Sr, \Delta T \rangle. \quad (5)$$

Определение системы: системообразующие факторы

1. **Проблемная ситуация** возникшее или назревающее неудовлетворительное состояние элементов внешней среды, которое имеющимися силами во внешней среде на заданном пространственно-временном интервале не ликвидируется.
2. **Цель** – информационный образ желаемой потребности; состояние, к которому осуществляется движение объекта, конечный результат существования системы.
 - объективные цели - результат реализации объективных закономерностей (в неживой природе только объективные цели);
 - субъективные цели – ставятся сознательно и является идеальным проектом будущего целевого состояния конечного продукта деятельности системы.

Цель дает объективный критерий того, что должно войти в систему из среды – конечное число элементов, которое необходимо для функционирования системы, обеспечивающий достижение цели.

Определение системы: системообразующие факторы

3. Функция системы — способ достижения системой поставленной цели.

4. Структура — совокупность элементов и связей между ними.

5. Внешние условия (ресурсы) — источники восполнения и дополнения элементов структуры через внешнюю среду.

Определение системы

В.Н. Волкова предложила определение системы, в котором система не расчленяется на элементы, а представляется как совокупность укрупненных компонентов, необходимых для её существования и функционирования.

$$S \equiv \langle \{Z\}, \{Str\}, \{Tech\}, \{Cond\} \rangle$$

где

$\{Z\}$ - совокупность или структура целей;

$\{Str\}$ - совокупность структур, реализующих цели (производственная, организационная и т.д.),

$\{Tech\}$ - совокупность технологий, реализующих систему (методы, средства, алгоритмы и т.д.)

$\{Cond\}$ - условия существования системы, т.е. факторы, влияющие на её создание, функционирования и развитие.

Определение системы

Конструктивные определения системы базируются на функционально-целевом подходе. Свойство объекта рассматривается как функция, если оно используется для достижения цели. По заданной функции получают реализующую её структуру.

При **дескриптивном** подходе функция системы определяется по её внутреннему устройству (структуре).

Оба подхода дополняют друг друга.

Выбор определения систем можно рассматривать как начало её разработки и исследования.

Определение системы через свойства систем

- 1) **целостность.** Всякая система обладает целостностью, обособленностью от окружающей среды, выступает как нечто единое, обладающее общими свойствами и поведением;
- 2) **делимость.** Целостность системы не означает ее однородности и неделимости: в системе всегда можно выделить определенные составные части;
- 3) **коммуникативность.** Изолированность систем является относительной, поскольку элементы, образующие систему, взаимодействуют со средой. Цельность системы основана на том, что внутрисистемные связи между элементами в каком-то отношении сильнее, существеннее, важнее, чем внешние связи со средой;

Определение системы через свойства систем

4) **динамичность.** В результате внешних и внутренних взаимодействий все системы находятся в динамике, подвержены постоянным изменениям. Они не являются застывшими, неизменными образованиями;

5) **развитие.** Несмотря на постоянные возмущающие воздействия со стороны внешней среды открытые системы способны не только стабильно функционировать и поддерживать динамический баланс со средой, но и усложнять свою внутреннюю структуру, развиваться;

6) **целеустремленность.** Динамика системы как последовательность изменений ее состояния, как правило, носит не случайный характер. Она отражает целенаправленность системы. Именно цель определяет и структуру, и функцию системы.

Содержание

1. Эволюция системных исследований
2. Понятие системы
- 3. Понятия, характеризующие строение систем**
4. Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем

Понятия, характеризующие строение систем: элемент

В соответствии со свойством делимости система всегда рассматривается как совокупность частей — компонентов системы.

При этом составные части сами могут состоять из других, более мелких, частей.

Элемент — это предел членения системы с точки зрения поставленной цели (аспекта рассмотрения или решений конкретной задачи)

Т.е. элементы системы — это части системы, которые мы рассматриваем как неделимые.

Систему можно расчленять на элементы различными способами в зависимости от формулировки задачи, цели и её уточнения в процессе проведения системного исследования. При необходимости можно менять принцип членения и получать более адекватное представление об анализируемом объекте или проблемной ситуации.

Понятия, характеризующие строение систем: подсистемы и компоненты

Подсистемами называются части системы, состоящие более чем из одного элемента.

В качестве подсистем должны выступать более или менее самостоятельные части системы, обладающие свойствами системы (наличие подцели, целостность, коммуникативность и др.), т. е. они сами могут рассматриваться как системы более низкого уровня.

Связи элементов внутри подсистем должны быть сильнее, чем связи между подсистемами.

Компоненты – совокупности однородных элементов, не обладающих свойствами системы.

Иерархичность состава системы

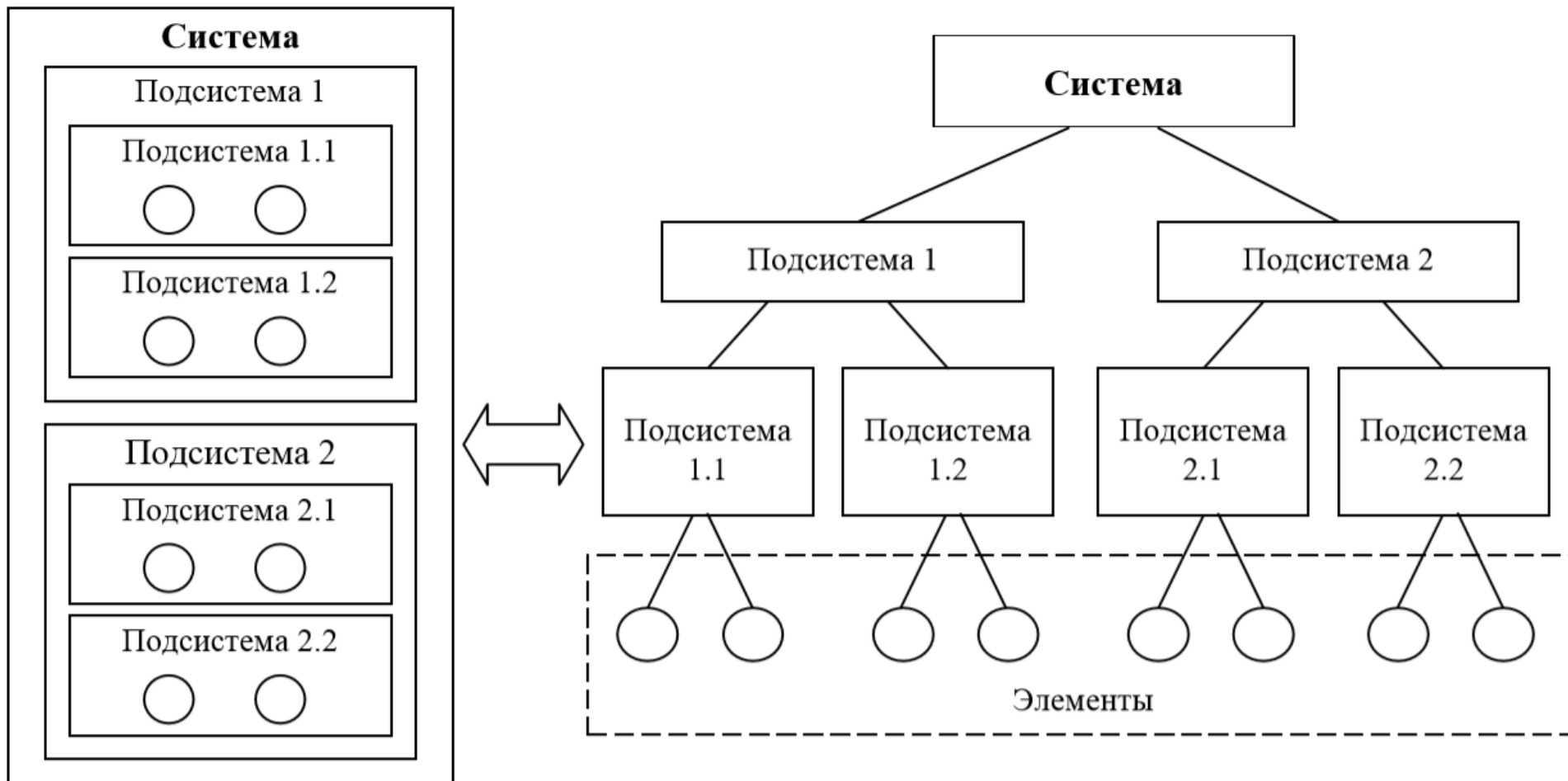
Для любой системы применим **принцип иерархичности**: отдельные компоненты системы (и сама система) выступают как части системы более высокого уровня и одновременно как системы для компонентов низшего уровня.

Вложенность более мелких частей системы в более крупные схематически может быть представлена в виде многоуровневой иерархии. На верхнем уровне иерархии представлена система в целом, на нижнем уровне — элементы системы, на промежуточных уровнях — подсистемы.

Когда говорят о свойстве иерархичности систем имеют в виду иерархичность состава системы. Отношения между частями системы при этом имеют смысл «состоять из ...» или «являться частью ...». Структуры на основе этого вида отношений всегда представляют собой иерархию.

Структуры же, отражающие другие виды отношений, могут принимать совершенно разные формы (например, оргструктура предприятия может быть матричной, сетевой и др.).

Иерархичность состава системы



Эмерджентность

Отдельные элементы и подсистемы, а также система в целом имеют множество свойств.

Свойства — это то, что позволяет отличать объекты друг от друга или отождествлять их друг с другом.

Свойство объекта, от которого зависят все его другие свойства, называется **сущностью**.

Форма обнаружения (выражения) сущности, отражающая внешние свойства и отношения предмета, называется **явлением**.

Эмерджентность — появление у системы при объединении составляющих ее частей в целое принципиально новых качеств, не имеющих у отдельных частей.

$$Q_s \neq \sum_{i=1}^n q_i,$$

где Q_s — свойства системы; q_i — свойства i -го элемента (компонента).

Свойства системы зависят от свойств составляющих ее элементов: $Q_s = f(q_i), \quad i = \overline{1, n}.$

Понятия, характеризующие строение систем: СВЯЗЬ

Функцию элемент может выполнить только при условии его взаимодействия с другими элементами. Таким образом, принцип эмерджентности обеспечивается за счет выполнения принципа взаимодействия: единство обеспечивается взаимодействием частей.

Под **взаимодействием** понимается взаимное воздействие элементов друг на друга, когда изменение одного из них влечет изменение другого. (это установление связей между элементами).

Связь обеспечивает возникновение и сохранение целостных свойств системы.

Связь – ограничение степени свободы элементов.

Связь (зависимость) — это такое отношение между объектами, когда изменениям одного из них соответствуют изменения другого.

Отношение — это соотнесение объектов друг с другом, установление различия или тождества в определенном смысле (связь и отношение: частные случаи одного от другого; связь используют в статике, отношение – в динамике).

Понятия, характеризующие строение систем: СВЯЗЬ

Виды связей

По направлению: направленные и ненаправленные.

По силе: слабые и сильные.

По характеру: связи подчинения, связи порождения (генетические), равноправные (безразличные), связи управления.

Обратная связь:

- Положительная — сохраняющая тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра;
- Отрицательная — противодействующая тенденциям изменения выходного параметра, т.е. направленная на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра.

Понятия, характеризующие строение систем: структура

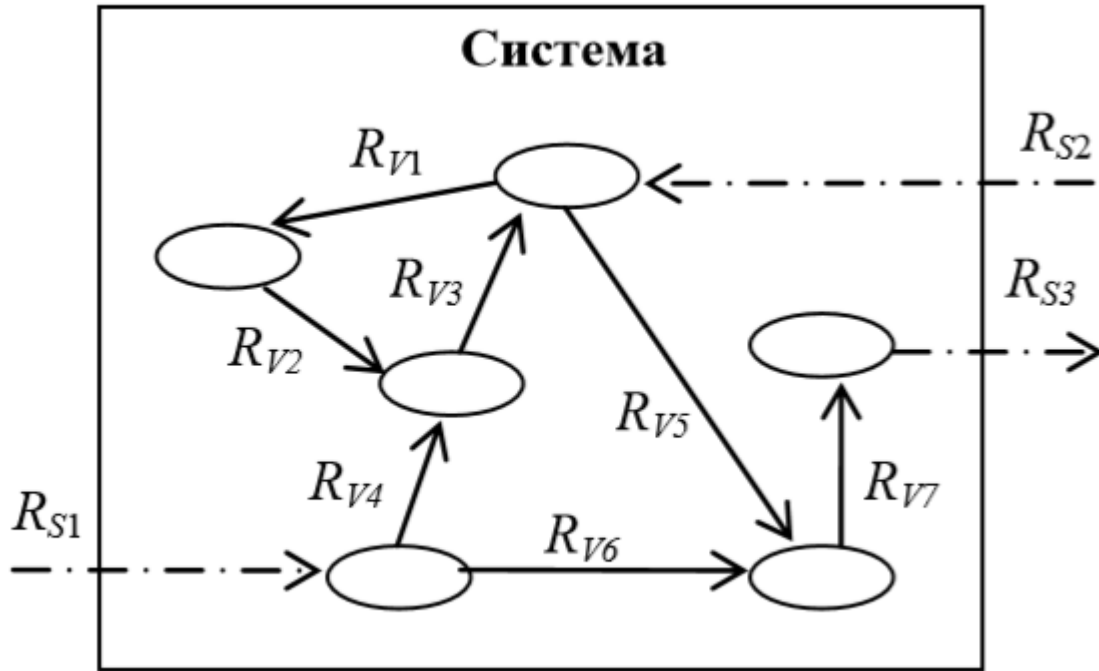
Элементы системы являются связанными между собой, а также с окружающей средой разнообразными связями — информационными, вещественными, энергетическими.

При этом внутренние связи элементов образуют структуру системы.

Структура (от лат. *structura* — строение, расположение) — совокупность связей между частями системы, взаиморасположение составных частей системы, её устройство.

Свойство системы как целого проявляется во взаимодействии с окружающей средой, т. е. реализуется через внешние связи (как функция системы), но само это свойство возникает лишь благодаря взаимодействию частей, т. е. благодаря внутренним связям, составляющим структуру системы.

Целостность



В случае если компоненты системы действуют несогласованно, взаимосвязи между ними постепенно ослабевают и отдельные части системы становятся локальными образованиями, т. е. целое распадается.

Для обеспечения целостности системы необходимо, чтобы выполнялось соотношение

$$W_{Vi} > W_{Sj}.$$

где

W_{Vi} - суммарная сила (мощность) внутренних связей R_{Vi}

W_{Sj} - суммарная мощность внешних связей R_{Sj}

Понятия, характеризующие строение систем: структура

Существуют различные по материальному воплощению системы, имеющие одинаковые цели. Они обязательно имеют общее в своей структуре (системы одного назначения).

Формальная структура – совокупность функциональных элементов и их отношений, необходимых и достаточных для достижения системой заданной цели.

Подставляя вместо функциональных элементов конкретные материализованные элементы, получаем **материальную структуру** (реальное воплощение формальной структуры).

Пример – часы. Формальная структура: Элементы: датчик времени, эталон, индикатор времени. Отношения: синхронизация датчика с эталоном, однозначная связь датчика с индикатором, градуировка индикатора по эталону. *Материальная структура часов определяется их конкретной конструкцией.* (например, датчик – раскручивание пружины, постоянный ток, поток воды или песчинок и т.д.)

Выводы:

- Фиксированной цели соответствует одна формальная структура системы;
- Одной формальной структуре может соответствовать множество материальных структур.

Понятия, характеризующие строение систем: среда, коммуникативность

Среда - совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы.

Микросреда - объекты среды, имеющие непосредственные связи с системой, например, обменивающиеся с ней материальными, энергетическими или информационными потоками.

Макросреда - объекты, оказывающие опосредованное влияние через более или менее длинные цепочки причинно-следственных связей.

Понятия, характеризующие строение систем: среда, коммуникативность



Окружающая среда организации

Содержание

1. Эволюция системных исследований
2. Понятие системы
3. Понятия, характеризующие строение систем
- 4. Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем**

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем

Динамичность. В результате внешних и внутренних взаимодействий система находится в динамике, подвержена постоянным изменениям, т.е. система обладает поведением.

Поведение (behaviour) — совокупность действий, изменений изучаемой системы, ее всякая реакция на внешние воздействия (изменение, развитие, рост). Поведение проявляется в изменении с течением времени состояний системы, т. е. является функцией времени и параметров:

$$P = F(Q, t),$$

где P — показатель состояния или положения системы;

Q — совокупность ее параметров;

t — время;

F — зависимость.

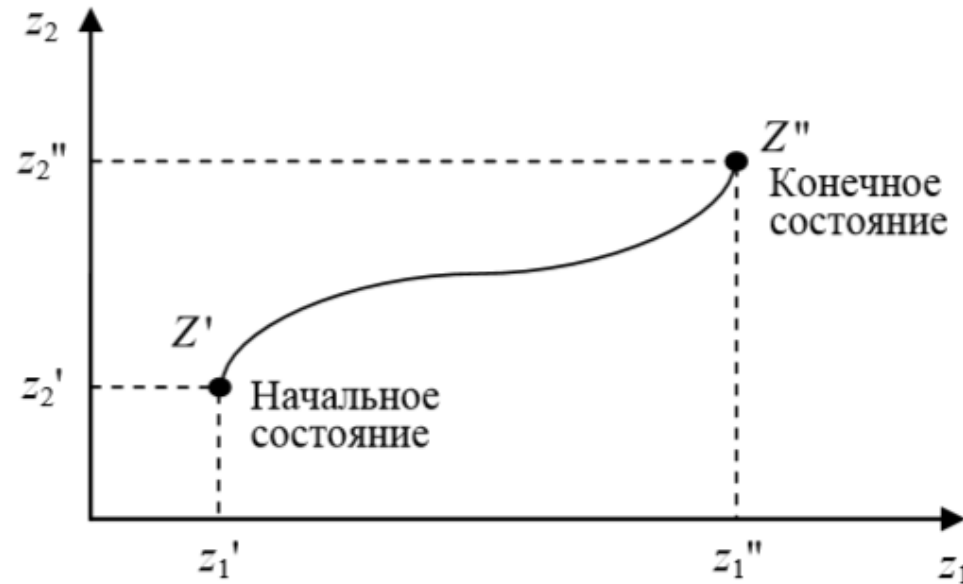
Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: состояние

Состояние — это множество одновременно существующих свойств системы. Можно задать любое состояние системы как совокупность характеризующих ее величин — параметров.

Событие — это переход в новое состояние (в некоторый момент времени имело место одно состояние, а в некоторый последующий — уже другое). Если рассматривать значения параметров, характеризующих состояние системы, как координаты в пространстве (пространстве состояний), тогда состояние системы может быть представлено как точка, а поведение (функционирование) системы — как траектория движения в пространстве состояний.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: состояние

Если состояние системы характеризуется двумя параметрами, то траекторию движения системы можно представить кривой в двумерном пространстве.

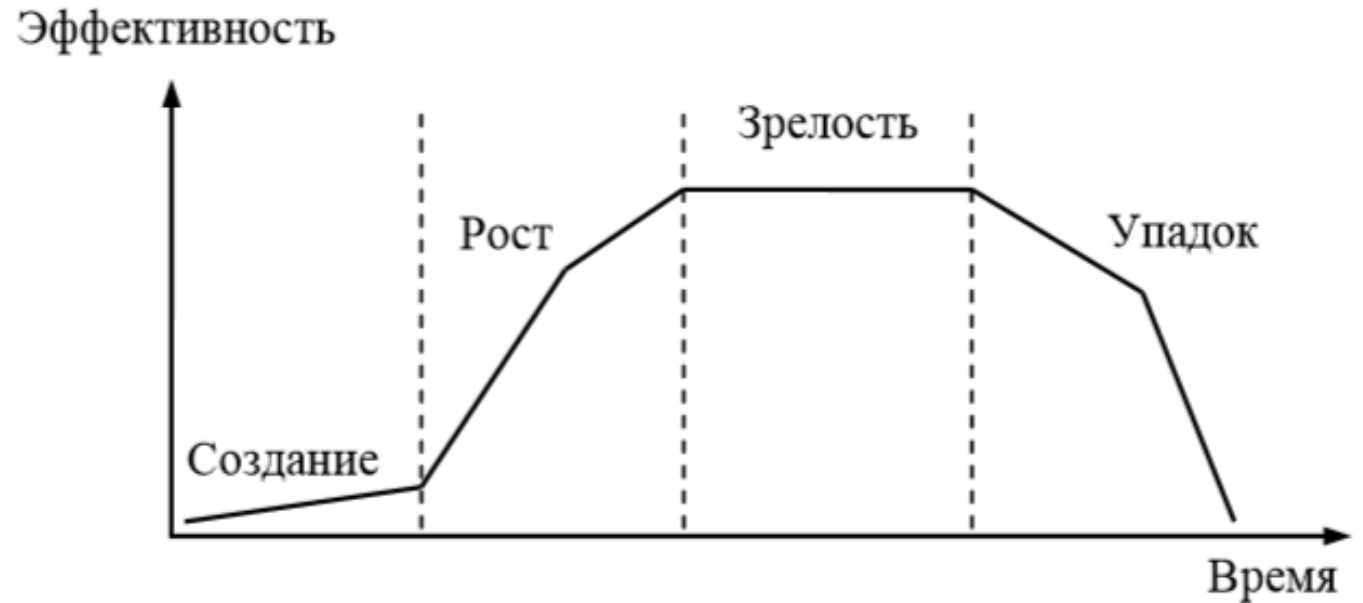


Движение системы в пространстве состояний

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: состояние

Жизненный цикл системы - последовательность этапов от возникновения до распада системы называется **Поведение** системы на разных этапах различно. Этапы характеризуются предсказуемыми состояниями.

Прохождение системами определенных стадий развития называется **закономерностью историчности**.



Жизненный цикл системы.
Пример траектории в пространстве, задаваемом интегральным параметром «эффективность».

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: устойчивость

Состояние системы в каждый момент времени зависит от предыдущего состояния, а также от внутренних и внешних взаимодействий. При этом взаимодействия могут быть непредсказуемыми, неопределенными. Они называются **возмущениями** или **возмущающими воздействиями**.

Динамическая система может находиться либо в равновесном состоянии, либо в состоянии перехода из состояния в состояние.

Равновесие - способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять свое состояние сколь угодно долго. Состояние равновесия выражается некоторой фиксированной точкой в пространстве состояний.

Переходный процесс - процесс изменения во времени координат (параметров) системы, имеющий место при переходе ее из одного равновесного состояния в другое или из одного устоявшегося режима работы в другой.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: устойчивость

Различают два вида равновесного состояния — статическое и динамическое равновесие.

В качестве примера **статического равновесия** можно привести состояние покоящегося физического тела.

Динамическое равновесие системы обуславливается действием на нее факторов, вызывающих в среднем равные и противоположные следствия. Пример динамического равновесия — сохранение неизменного среднего уровня воды в водохранилище при равных расходе и притоке воды.

Устойчивое состояние равновесия - состояние равновесия, в которое система способна возвращаться.

Устойчивость - способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних (или в системах с активными элементами — внутренних) возмущающих воздействий.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: развитие

Развитие системы – изменение её качества на выходе, т.е. смена цели и типа её функционирования, обеспечивающего достижение цели.

Основой развития являются противоречивые отношения, которые объединяют элементы, одновременно являющиеся частями системы и обладающие взаимоисключающими тенденциями развития.

Открытые системы, характеризующиеся самопроизвольностью (отсутствием жесткой детерминации) поведения компонентов системы и интенсивным обменом веществом и энергией между компонентами системы и между системой и средой, способны к **саморегулированию**, т. е. способны приспосабливаться к изменениям внешней среды.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: развитие

Различают два уровня саморегулирования:

- 1) **самостабилизация (адаптация)** — способность системы в ответ на поток возмущений из внешней среды вырабатывать соответствующие корректирующие действия, возвращающие систему в устойчивое состояние динамического баланса с внешней средой (живые организмы, рыночная система – спрос-предложение);
- 2) **самоорганизация (развитие)** — способность системы в ответ на поток возмущений из внешней среды реорганизовать свою внутреннюю структуру. Самоорганизация выражается в новых устойчивых состояниях, которые более стойки к возмущениям, чем предыдущие.

Адаптивные системы выживают в средах, в которых возмущения находятся в пределах диапазона их корректирующих действий; самоорганизующиеся системы эволюционируют в более сложные и более жизнеспособные системы

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: развитие

Способность систем к самоадаптации называют **законом самосохранения**, а способность к самоорганизации — **законом развития**.

Развивающиеся системы имеют некоторый предел, определяемый ее структурой и свойствами.

В закрытых детерминированных системах состояние системы полностью определяется ее начальным состоянием и временем перехода к текущему состоянию, а значит достижение предельного состояния обусловлено временем и начальными условиями,

Открытые системы характеризуются тем, что стремление к предельным состояниям и достижение этих состояний не определяется начальными условиями и определяется исключительно параметрами системы. (Л. Фон Берталанфи)

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: целенаправленность

Цель - желаемый результат деятельности системы (модель желаемого будущего).

- объективные цели реализует природа, их формируют естественные системы;
- субъективные цели ставит, формирует человек, т. е. это цели искусственные, создаваемые человеком или сообществом людей.

Имманентная цель — цель, внутренне присущей системе. Системы, обладающие имманентной целью способны к выбору своего поведения.

Градации понятия цели по степени достижимости и отдаленности:

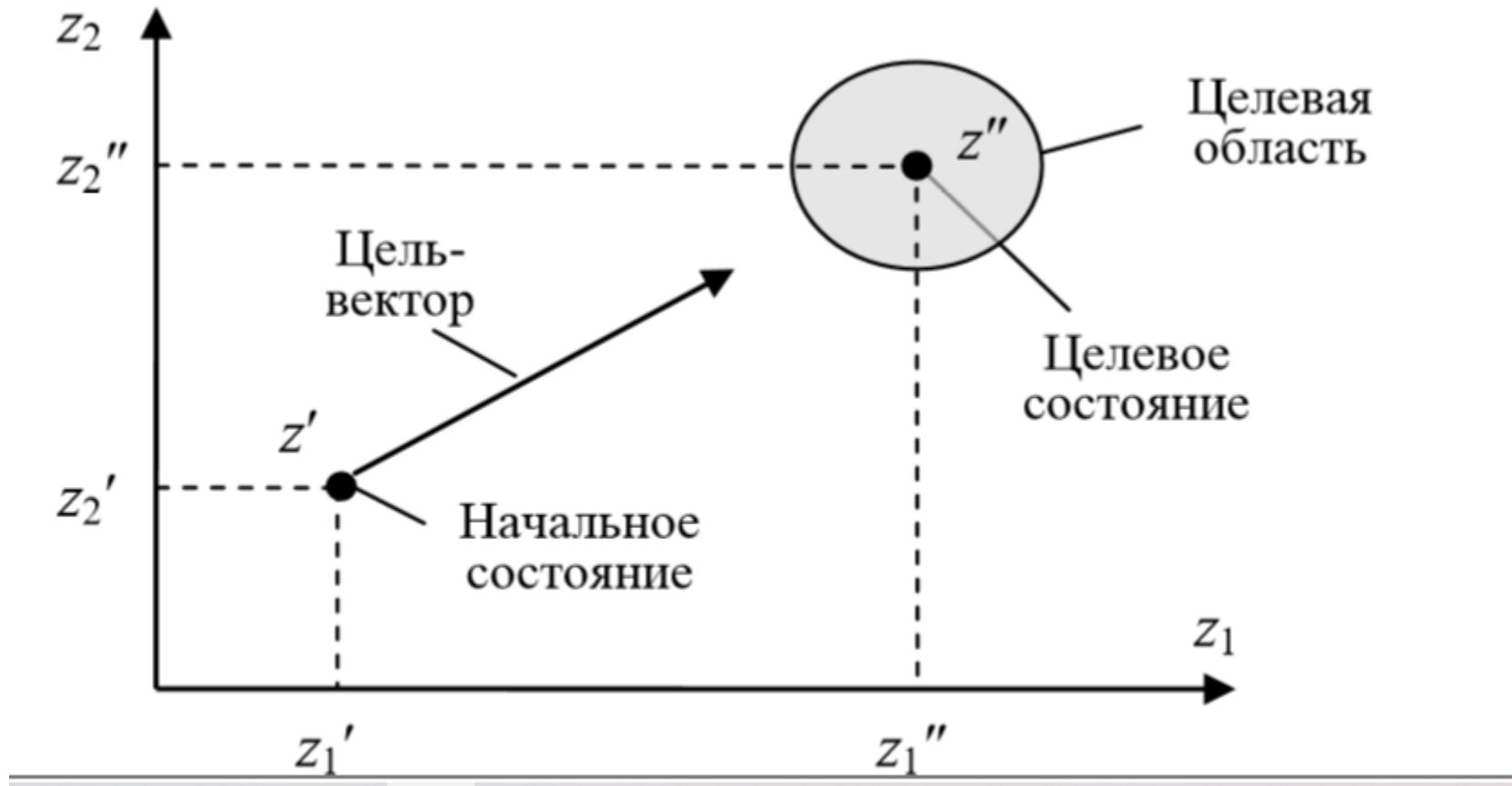
- на одном конце этой шкалы лежит идеал — результат, который невозможно получить, но к которому можно неограниченно стремиться,
- на другом конце расположен итог, задача — ближайший желаемый результат, достижимый за сравнительно короткий период времени.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: целенаправленность

Способы задания цели:

- **как желаемое состояние**, т. е. некоторая точка (или область) в пространстве состояний, характеризуемая вполне конкретными значениями (интервалом значений) параметров состояния. В этом случае параметры состояния являются критериями достижения цели (например, «сократить срок изготовления продукта на 25–30 %»); - достижимость;
- **как желаемое направление** изменения системы, т. е. как вектор в пространстве состояний (например, «повысить качество обслуживания клиентов»). – побуждение к деятельности.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: целенаправленность



Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: управляемость

Управление - воздействие на объект для достижения заданной цели. Необходимыми условиями при этом должны быть управляемость системы и достижимость цели.

Управляемость — это способность системы определенным образом в заданном направлении и временных границах реагировать на сигналы управления или на управленческое воздействие. Система управляема, если каждому воздействию управления соответствует строго определенное состояние параметров объекта, неуправляема или малоуправляема, — если объект управления меняет свои параметры произвольно.

Цель является достижимой, если она входит в так называемое **множество достижимости** — множество всех таких состояний, в которые можно привести динамическую систему при помощи допустимого управления из начальной точки (начального состояния) за заданный промежуток времени.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: управляемость



Классическая кибернетическая схема функционирования системы с управлением

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: управляемость

- **Разомкнутые системы** управления характеризуются тем, что в них задается необходимое значение регулируемой величины, но в процессе работы значение регулируемой величины не контролируется и система не реагирует на отклонение регулируемой величины от заданного значения., В разомкнутых системах управления выходная величина не сравнивается с входным сигналом, т. е, система не имеет обратной связи.
- **В замкнутых системах** производится непрерывный контроль выходной величины и система управления при помощи обратной связи реагирует на отклонение выходного сигнала от заданной величины.

Понятия, характеризующие функционирование и развитие систем: управляемость

Закон необходимого разнообразия (У.Р. Эшби).

Неопределенность управления есть разница между разнообразием проблем V_D и разнообразием решений V_R :

$$V_D - V_R.$$

Для того чтобы создать систему, способную справиться с решением проблемы, обладающей определенным разнообразием, нужно, чтобы система имела еще большее разнообразие, чем разнообразие решаемой проблемы, или была способна создать в себе это разнообразие.

Таким образом, любая система управления (техническая, биологическая, экономическая) для оптимизации процесса управления должна располагать достаточным разнообразием управляющих воздействий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Основы теории систем и системного анализа: Учебное пособие / Силич М. П., Силич В. А. - 2013. 342 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/5452> , дата обращения: 01.09.2020.
- Корилов А.М. Теория систем и системный анализ: учебн. пособие. – / А.М. Корилов, С.Н. Павлов. – Томск: ТУСУР, 2007.- 344 с.