

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Преподаватель: Железняк Лилия Михайловна

[zheleznyak@mirea.ru](mailto:zheleznyak@mirea.ru)

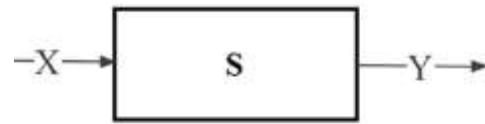
[laboratory.work.2017@gmail.com](mailto:laboratory.work.2017@gmail.com)

# Содержание

- Понятия системы
- Система и ее свойства
- Классификация систем
- Структуры системы

# ➤ Понятия системы

- «Система» с точки зрения кибернетики
- ✓ устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов. Представляет собой отображение входов  $X$  и состояний объекта в его выходах  $Y$ :  $S \subset X \times Y$  [М. Месарович].
- ✓ совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство.



- **Подсистема** - это группа элементов, связанных так, что они образуют единое целое. Это объединение придаёт уникальные свойства как всей совокупности, так и каждому элементу внутри неё.
- **Элемент в системе** — это часть системы, которая выполняет определённую функцию и взаимодействует с другими элементами для достижения общей цели.
- ✓ **Большая система** – это система, которая не может рассматриваться иначе как в качестве совокупности априорно выделенных подсистем. (Примером большой системы в ИИ является умный город, который включает в себя интеллектуальные транспортные системы, управление энергией, мониторинг окружающей среды и безопасность, все работающие на основе анализа данных в реальном времени).

- **Сложная система** – это система, предназначенная для решения множества задач, отражающая различные стороны объекта, требующая использования нескольких языков для описания и содержащая взаимосвязанные модели. *(Например— умную рекомендательную систему для онлайн-магазина. Эта система будет использовать разные алгоритмы ИИ для анализа данных о пользователях и товарах, чтобы предоставить персонализированные рекомендации. Это сбор данных, переработка данных, модели алгоритмов ИИ, интерфейс пользователя, тестирование, безопасность).*
- **Адаптация** — это способность объекта-системы изменять свое состояние, структуру и поведение в ответ на взаимодействие с внешней средой, что помогает ей лучше справляться с изменяющимися условиями. *(Например: Алгоритмы машинного обучения, используют данные для улучшения своих прогнозов. Когда ИИ анализирует новые наборы данных, он изменяет свои модели, чтобы лучше предсказывать результаты, адаптируясь к изменениям в информации. Это позволяет ИИ становиться более точным и эффективным со временем).*
- ✓ **Дисфункциональность** - означает, что что-то в системе работает неправильно или неэффективно, нанося ущерб её целостности и общей работе.

## ➤ Система и ее свойства

Свойства системы имеют: Целостность, функциональность и эмерджентность:

**Целостность**- это свойство, при котором все её элементы взаимосвязаны и взаимодействуют таким образом, что система функционирует как единое целое, обеспечивая достижение общей цели.

**Функциональность системы** — это способность системы выполнять заданные задачи и функции, обеспечивая выполнение определённых целей и требований.

**Эмерджентность** — это явление, при котором объединение элементов в систему приводит к появлению новых свойств, которые не могут быть определены через свойства отдельных частей. Эти свойства существуют только при целостности системы.

*(Например, ни одна из частей самолёта летать не может, а самолёт, тем не менее, летает).*

*(Еще одним примером эмерджентности является человеческий мозг. Нейроны, объединяясь в сложные сети, взаимодействуют друг с другом, создавая сознание, эмоции и высокоуровневые когнитивные функции. Эти свойства, такие как самосознание или способность принимать решения, не могут быть полностью поняты, если рассматривать нейроны только как отдельные элементы; они возникают именно из их взаимодействия в единой системе).*

## ➤ Классификация систем

Процессы в сложных системах трудно описать математически, поэтому используют термины из теории систем и других областей для их характеристики.

Рассмотрим основные из этих терминов:

**Понятия «Состояние системы»**— это мгновенная фотография, «срез» системы, остановка в ее развитии.

**Поведение системы** - если система способна переходить из одного состояния в другое (например,  $s_1 \rightarrow s_2 \rightarrow s_3 \rightarrow \dots$ ), то говорят, что она обладает

**ПОВЕДЕНИЕМ**. (Например: автоматический полив растений: Он получает информацию о влажности почвы(вх.данные), решает, нужно ли поливать растения(обработка), и затем включает насос для полива (выходные данные). Это последовательность действий и реакций на основе выходных данных).

**Равновесие системы** - определяют, как способность системы в отсутствии внешних возмущающих воздействий (или при постоянных воздействиях) сохранять свое состояние сколь угодно долго.

**Устойчивость системы** - под устойчивостью понимают 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.

**Развитие системы** помогает объяснить сложные процессы в природе и обществе. Изучение связи между развитием и устойчивостью, а также механизмов этого взаимодействия — сложная задача теории систем. Важно выделить особый класс самоорганизующихся систем, которые требуют специфических методов моделирования. *(Например: Муравейник, муравьи, взаимодействуя между собой, создают сложную структуру и обеспечивают устойчивость всего сообщества, следуя простым правилам. Это взаимодействие приводит к организованности и эффективности, что требует специфических методов для изучения и моделирования).*

**Жизненный цикл** — это понимают период времени от возникновения потребности в системе и ее становления до снижения эффективности функционирования системы и ее «смерти» или ликвидации

Исследования жизненного цикла с учетом природных циклов предлагается прогнозировать точки начала спада эффективности и выводить систему на новый уровень эквифинальности (рис. 1).

Эквифинальность – внутренняя предрасположенность системы к достижению некоего предельного состояния, не зависящего от внешних условий. Идея эквифинальности заключается в изучении параметров, определяющих некоторый предельный уровень организации.



Согласно данной теории, для выживания и развития организации важны гибкость и управляемость. Жизненный цикл делится на две группы этапов: рост и старение. Рост включает зарождение, младенчество, быстрый рост, юность и расцвет. Старение начинается со стабилизации и проходит через аристократизм, бюрократизацию, завершаясь смертью организации.



## Открытые и закрытые системы

Понятие «открытая система» ввел Л. фон Берталанфи. Открытые системы обмениваются массой, энергией и информацией с окружающей средой. В отличие от них, **закрытые системы** изолированы и не ведут такого обмена. Они более стабильны, так как не подвержены внешним изменениям, и со временем приходят к равномерному состоянию. Это может привести к их гибели при отсутствии изменений.

**Энтропия** — это мера неизбежного рассеивания энергии в термодинамической системе, а в контексте информационных технологий она отражает уровень неопределенности или беспорядка в данных системы. *(Например: В информационных технологиях можно рассмотреть набор данных. Если имеется много одинаковых записей, уровень неопределенности низкий (маленькая энтропия), тогда как если у нас есть множество уникальных значений, уровень неопределенности высок (большая энтропия)).*

**Негэнтропия** — это термин, означающий меру упорядоченности и организованности системы.

## **Классификация систем по степени организованности:**

***Хорошо организованная система*** - Хорошо организованная система — это такая система, в которой все её элементы и их взаимосвязи четко определены и представлены в виде детерминированных зависимостей (например, аналитических или графических). Такие системы используются, когда можно точно описать их природу и подтвердить это на практике, то есть показать, что модель адекватно отражает реальный объект или процесс.

***Плохо организованная система, или диффузные*** - Плохо организованная система (или диффузная) — это система, в которой не требуется определять все компоненты и их связи с целями. Она описывается с помощью макропараметров и закономерностей, выявленных на основе выборки элементов объекта или процесса. Такие системы часто используются для оценки пропускной способности, численности штатов в ремонтных цехах и других обслуживающих учреждениях, применяя методы теории массового обслуживания. Основной сложностью при этом является подтверждение адекватности модели.

**Самоорганизующаяся система** — это система, которая развивается и имеет ряд признаков, приближающих её к реальным объектам. Основное отличие таких систем от закрытых заключается в том, что их формализованное описание ограничено. Поэтому для анализа развивающихся систем необходимо комбинировать формальные методы и качественный анализ. *(Например: Муравейник. В этой системе муравьи действуют автономно, следуя простым правилам поведения, но в результате их взаимодействия образуется сложная и эффективная структура с различными задачами, такими как поиск еды, строительство и защита. Хотя каждый муравей не имеет централизованного контроля, общее поведение колонии позволяет ей адаптироваться к изменениям в окружающей среде и поддерживать порядок).*

## Структуры системы

Понятие «**структура**» часто связывают с графическими схемами, но это не единственный способ представления. Структуру можно описать в виде матриц, теоретико-множественных формул, а также с помощью топологии и алгебры.

**Структура** — это отображение взаимосвязей и расположения компонентов системы, показывающее, как она устроена.

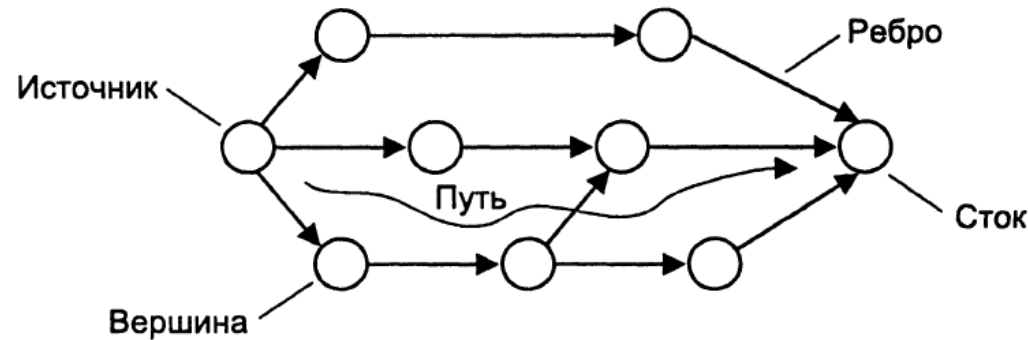
***В чем разница между структурой и системой:***

**Система** — это организованный объект с различными свойствами, тогда как структура — это её стабильная, неизменная сторона, отвечающая за сохранение системы. Можно сказать, что **структура** — это система без качественного наполнения: «структура есть система минус субстрат».

**Субстрат** — это материальная основа явлений, состоящая из простых элементов, которые взаимодействуют и определяют свойства системы или процесса. *(Например, в биологии субстратом может быть почва, в которой растут растения; она состоит из минералов и органических веществ, влияющих на рост растений).*

## Виды структур

**Сетевая структура**, или *сеть*, — это система взаимосвязанных элементов, которые могут взаимодействовать друг с другом. Сеть может быть представлена в различных формах и применяться в разных областях (компьютерные сети, телефонная сеть, электрическая сеть) этапы деятельности человека (при производстве продукции - сетевой график, при проектировании - сетевая модель, при планировании – сетевой план и т.д.).

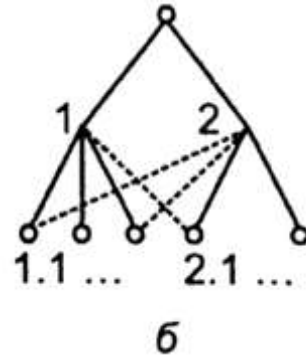
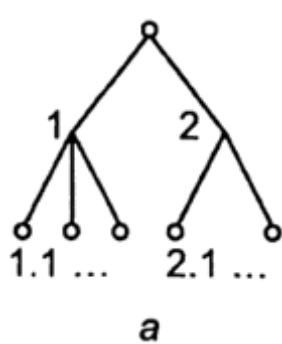


В сетевых структурах используются следующие термины:

- **Источник:** Начальная точка сети, откуда начинается процесс или поток.
- **Сток:** Конечная точка сети, куда приходит процесс или поток.
- **Вершина:** Узел сети, представляющий элемент или объект.
- **Ребро:** Связь между вершинами, показывающая взаимодействие или маршрут.
- **Путь:** Набор вершин и рёбер, соединяющих источник и сток.
- **Критический путь:** Самый длинный путь в сети, определяющий минимальное время завершения проекта.

## Иерархическая структура

**Иерархическая структура** — это разделение системы на уровни, где все компоненты и связи существуют одновременно. Каждому элементу нижнего уровня подчинен один узел вышестоящего уровня, образуя древовидные структуры с сильными связями. Такие структуры могут иметь разное количество уровней (рис.а).



Цели	Подцели
1...	1.1... 1.2... 1.3...
2...	2.1... 2.2...

д

	1.	2.
1.1	+	+
1.2	+	—
1.3	+	+
2.1	+	+
2.2	—	+

е

Структуры, где элемент нижнего уровня подчинен двум и более узлам вышестоящего уровня, называются иерархическими структурами со «слабыми» связями (рис.б).

Иерархическим структурам, приведенным на рисунке а и б, соответствуют матричные структуры, показанные на рисунке д, е.



Матричная структура изначально относится к математике, но позже начала использоваться для отображения сложных систем в табличной форме. В иерархических структурах важно выделение уровней соподчиненности, при этом возможны разные отношения между элементами. М. Месарович предложил классы многоуровневых иерархических систем (страты, слои, эшелоны), которые имеют различные принципы взаимодействия и уровня вмешательства.

### ➤ Слои

Слои или уровни сложности в принятии решений помогают уменьшить неопределенность ситуации, разбивая проблему на последовательные этапы. Решение более крупной проблемы определяет ограничения для более мелких, что снижает неопределенность, не теряя при этом основного замысла решения.

Многослойную иерархию можно представить в виде рис. 1, где каждый слой соответствует блоку  $D_n$ , который принимает решения и формирует ограничения  $X_j$  для нижележащего  $(I - 1)$ -го блока.

**Многослойная модель принятия решений состоит из трех слоев:**

1. Слой самоорганизации выбирает структуру, функции и стратегии для достижения вербально заданной цели. Если цель не достигнута, изменяются функции или стратегии на нижних слоях.
2. Слой обучения уточняет неопределенности, с которыми работает слой выбора, собирая данные через наблюдения. Его цель — сузить множество неопределенностей, чтобы упростить выбор действий.
3. Слой выбора осуществляет выбор действий на основе информации о процессе и алгоритмов, разработанных на верхних слоях.

Такая иерархия полезна для управления и планирования в условиях изменяющихся экономических и технологических условий (рис.2).

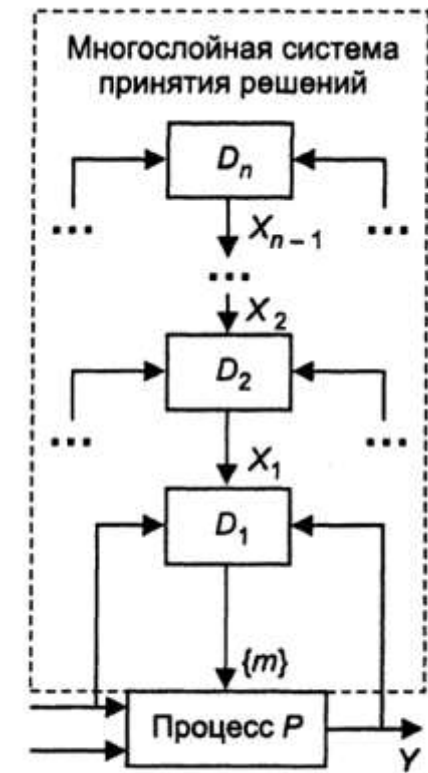


Рис. 1



Рис. 2



# Страты

При отображении сложных систем важно найти баланс между простотой и детализацией описания. Одним из решений является стратифицированное представление, где каждая модель описывает поведение системы на соответствующем уровне абстракции, учитывая характерные особенности и принципы для каждого слоя. Например, в случае ЭВМ можно выделить две страты: нижняя — физические операции на основе физических законов, и верхняя — математические и логические операции, связанные с программированием и информационными потоками.

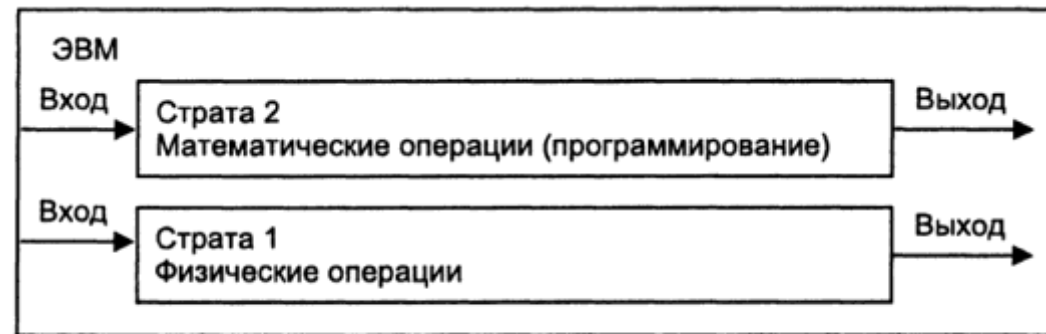
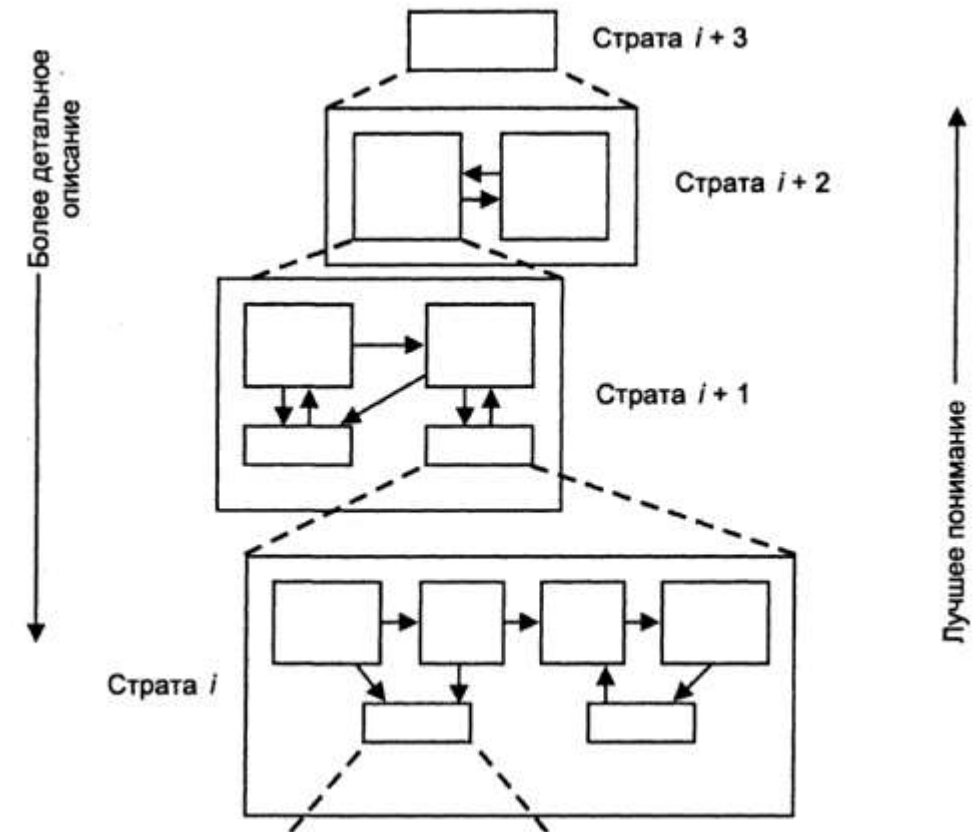


Рис. 1

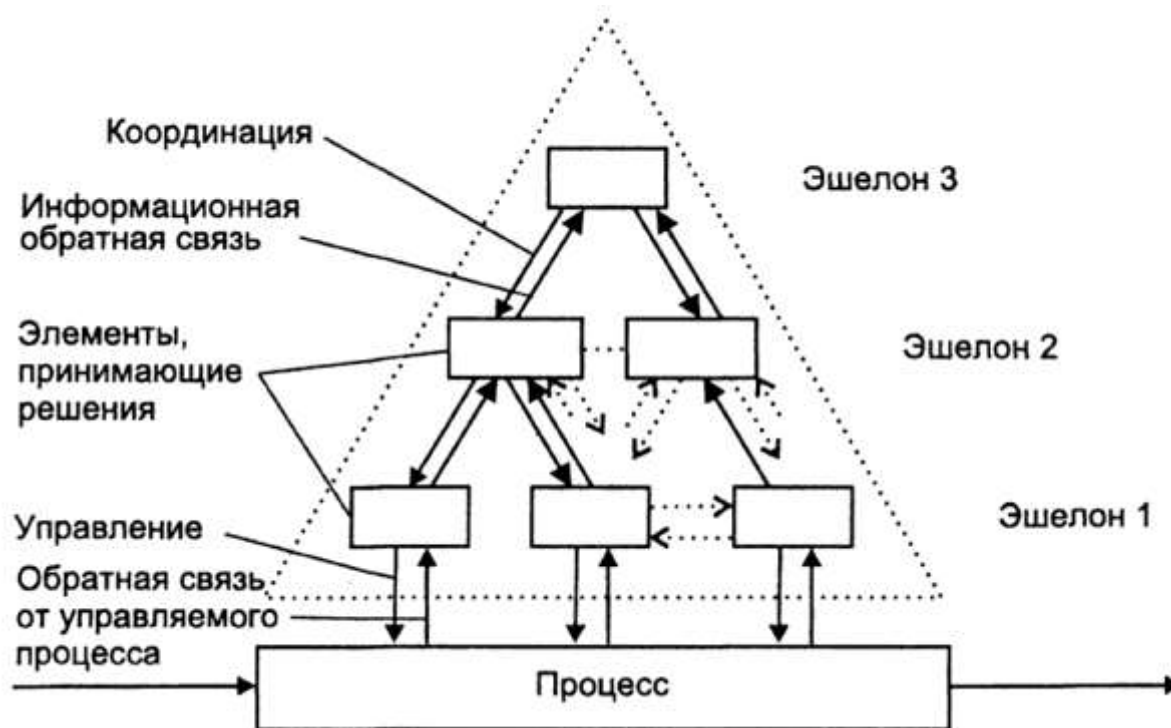
Система (ЭВМ) может описываться на различных уровнях абстракции, не ограничиваясь только двумя основными. Например, для некоторых электронных компонентов важна атомная физика, а для сложного ПО – системная структура. Стратифицированное представление помогает углублять понимание системы: на нижних уровнях мы получаем детальные данные, а на верхних – общее значение системы. Объяснить функции сложной системы только через нижние уровни практически невозможно.



Изучение системы можно начинать с любой стратой, включая среднюю. На каждой страте могут использоваться свои модели, и система остается неизменной, пока не происходит изменение на верхней страте, где сохраняется основная концепция и замысел, которые детализируются на других уровнях.

## Эшелон

В этой теории система состоит из взаимодействующих подсистем, каждая из которых может принимать собственные решения. Иерархия определяется подчинением некоторых подсистем вышестоящим уровням, называемым эшелонами. Главная особенность многоэшелонной структуры — подсистемы могут выбирать решения, отличные от решений вышестоящих уровней.



Подсистемы в многоэшелонных структурах имеют свободу выбора целей, что делает их многоцелевыми. Конфликтующие цели могут усложнять управление, но повышают эффективность. Вышестоящие эшелоны вмешиваются для разрешения конфликтов, создавая разные подходы к управлению, что превращает их в организационные иерархии.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Сетевые структуры описывают материальные и информационные процессы, подходя для проектирования новых систем. Для сложных технических комплексов предпочтительнее использовать иерархические (древовидные) структуры, которые показывают взаимосвязи между компонентами. В организационных системах используются матричные и многоуровневые структуры для отображения сложных взаимоотношений. Важно оценивать степень целостности и устойчивости системы, используя коэффициенты, которые отражают централизацию или децентрализацию управления.

### Основные формулы для анализа иерархических структур

$$C_c = C_o + C_v, \text{ где}$$

**Собственная сложность  $C_o$**  представляет собой суммарную сложность (содержание) элементов системы вне связи их между собой (в случае прагматической информации - суммарную сложность элементов, влияющих на достижение цели). Прагматическая информация полезная для достижения цели.

**Системная сложность  $C_c$**  представляет содержание системы как целого (например, сложность ее использования).

**Взаимная сложность  $C_v$**  характеризует степень взаимосвязи элементов в системе (т.е. сложность ее устройства, схемы, структуры).

Если разделить выражение (1) на собственную сложность  $C_o$ , то получим основной закон систем:

$$\alpha + \beta = 1, \quad (2)$$

$\alpha = -C_v / C_o$  есть относительная связность элементов системы; (3)

$\beta = C_c / C_o$ , есть относительная их свобода (4)

Соотношение (3) характеризует степень целостности, связности, взаимозависимости элементов системы; для организационных систем  $\alpha$  может быть интерпретирована как характеристика устойчивости, управляемости, степени централизации управления.

Соотношение (4) - самостоятельность, автономность частей в целом, степень использования возможностей элементов. Для организационных систем  $\beta$  удобно называть коэффициентом использования элементов в системе.

Знак минус в выражение (3) введен для того, чтобы  $\alpha$  было положительным, поскольку  $C_v$  в устойчивых системах, для которых характерно  $C_o > C_c$ , формально имеет отрицательный знак. Связное (остающееся как бы внутри системы) содержание  $C_v$  характеризует работу системы на себя, а не на выполнение стоящей перед ней цели (чем и объясняется отрицательный знак  $C_v$ ). Из (2) следует, что сумма свободы и связности элементов системы есть величина постоянная.