# Экзаменационный билет №1

## 1 Онтологии и онтологические системы. Понятие онтологии. Формальная модель онтологии

Онтология — раздел философии, изучающий фундаментальные принципы устройства бытия, его начала, сущностные формы, свойства и категориальные распределения.

Возникновение онтологий и их стремительное развитие связано с проявлением в нашей реальности следующих новых факторов:

* колоссальный рост объемов информации, предъявляемых для обработки (анализа, использования) специалистам самых различных областей деятельности;
* чрезвычайная зашумленность этих потоков (повторы, противоречивость, разноуровневость, и т.п.);
* острая необходимость в использовании одних и тех же знаний разными специалистами в разных целях;
* всеобщая интернетизация нашей жизни и острая необходимость в структуризации информации для её представления пользователям и более эффективного поиска;
* необходимость сокращения времени на поиск нужной информации и повышения качества информационных услуг в Интернете.

Появление онтологий стало ответом ряда наук, связанных с информационными технологиями и системами искусственного интеллекта на перечисленные проблемы. Именно они обеспечили возможность их перехода на новый качественный уровень обработки и поиска информации.

В информационных технологиях и интеллектуальных системах этот термин был принят для обозначения представлений о моделях мира (бытии, сущностей, причинных связей и т.п.). Наиболее распространенными стали следующие определения.

**Онтология** – это точная спецификация концептуализации.

**Онтология** – это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации.

**Онтологии** – это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями.

В этих определениях ключевыми являются понятия: концептуализация (совместно используемая); спецификация (формальная, точная). Поясним смысл этих терминов.

Под **концептуализацией** понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий, т.е. концептов.

**Точность** подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

**Формальность** означает, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков в полной мере, в связи с их неоднозначностью и сложностью.

**Совместное использование** отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе.

Таким образом, **онтология** – это тоже модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области, но ориентированная на стандартизацию и унификацию форм представления знаний.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

## 2 Понятие «Система». Сложная система. Внутренние и внешние факторы. Формальный вид сложной системы. Построение сложной системы

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».
2. Система, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].
3. В самом общем случае понятие «система» характеризуется: 1. наличием множества элементов; 2. наличием связей между ними; 3. целостным характером данного устройства или процесса [В. Н. Спицнадель].
4. Система есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг]. В формальном виде данную группу определений термина система 𝑆 можно представить через теоретико-множественные представления элементов 𝑎𝑖 и отношений 𝑟𝑖 :



Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов.

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

1. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров]. Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на три группы:

* **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению данного элемента системы;
* **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;
* **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

1. **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].
2. **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единство, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С.Тюхтин]. Функциональные свойства определяется целью системы 𝑍. Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются.



Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

1. **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].
2. **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

1. **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель 𝑁.

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.



Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

**Сложные системы** – это такие системы, в которых все функциональные процессы имеют динамичный характер. В каждый момент времени элемент сложной системы находится в одном из возможных состояний; из одного состояния в другое он переходит под действием внешних и внутренних факторов.

**Внутренние факторы** связаны с необходимостью учета синергетических свойств, как в элементах, так и в самой системе.

**Внешние факторы** заключаются в том, что необходимо учитывать влияние всех факторов внешней среды на систему, которые могут вызывать случайные отклонения от заданной цели развития или существования.

Результат взаимодействия внешних и внутренних факторов может иметь не только детерминированный (предсказуемый характер процесса), но и стохастический характер (вероятностный).

**Сложная система** – это система, построенная для решения многоцелевой задачи; система, отражающая разные, несравнимые аспекты характеристики объекта; система, для описания которой необходимо несколько языков; система, включающая взаимосвязанный комплекс разных моделей.

Изображение выглядит как диаграмма, линия, текст, Шрифт

Автоматически созданное описание

В сложных системах наблюдатели изменяют свои позиции по отношению к объекту, т.е. исследуют его с разных сторон. Каждая позиция наблюдателя имеет свой язык и модель представления об объекте. Следовательно, в формальном определении необходимо учитывать язык наблюдателя .



Таким образом, сложная система имеет разветвленную структуру со значительным количеством взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, а также разные по своему типу связи. Сложная система сохраняет частичную работоспособность при отказе отдельных элементов. Как правило, они могут быть лишь представлены имитационными моделями в той или иной степени адекватности.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, диаграмма

Автоматически созданное описание

Мерность состава определена не только суммой различных видов подсистем, но также мерностью свойств, связей и отношений, состояний, стадий, фаз и переходных процессов. Сложность организации обусловлена многообразием законов функционирования и сложной организацией компонентов.

В современных системных исследованиях появился новый класс сложных систем, которые определяются в качестве адаптивных, самоорганизующихся и самоуправляемых систем.

Термин «**адаптация**» означает, что объект-система обладает рядом свойств приспособления, которые позволяют ей изменять свое состояние, структуру и поведение в процессе взаимодействия с внешней средой.

## 3 Алгоритм пчелиной колонии. Естественная мотивация. Описание пчелиного алгоритма

**Естественная мотивация**

В обычной колонии пчел, например, Apis mellifera (медоносная пчела домашняя), предполагается, что пчелы со временем выполняют разные роли. В типичном улье может быть от 5000 до 20 000 особей. Взрослые особи (в возрасте от 20 до 40 дней), как правило, становятся фуражирами (foragers). Фуражиры обычно выполняют одну из трех ролей: активные фуражиры, фуражирыразведчики и неактивные фуражиры. Активные фуражиры летят к источнику нектара, обследуют соседние источники, собирают нектар и возвращаются в улей. Разведчики обследуют местность вокруг улья (площадью до 50 квадратных миль) в поисках новых источников нектара. Примерно 10% пчел-фуражиров в улье задействованы в качестве разведчиков.

Исходя, из природного посыла, можно представить, что расположение глобального экстремума – это участок, где больше всего нектара, причем этот участок единственный, то есть в других местах нектар есть, но меньше. А пчелы живут не на плоскости, где для определения месторасположения участков достаточно знать две координаты, а в многомерном пространстве, где каждая координата представляет собой один параметр функции, которую надо оптимизировать. Найденное количество нектара представляет собой значение целевой функции в этой точке (в случае, если мы ищем глобальный максимум, если мы ищем глобальный минимум, то целевую функцию достаточно умножить на -1). Таким образом, пчелы могут собирать и отрицательное количество нектара.

**Описание алгоритма**

Количество пчел-разведчиков равно S. Случайным образом генерируется S точек, куда отправляются пчелы (Формула 1.3.1).

(1.3.1)

где N – номер пчелы-разведчика, ;

K – номер итерации;

D – область поиска.

Каждая точка представлена своими координатами (Формула 1.3.2).

(1.3.2)

где n – номер координаты.

Подобласти, в которые объединяются точки формируются на основе Евклидова расстояния между точками. Для точек и евклидово расстояние считается по Формуле 1.3.3.

(1.3.3)

где d – рассчитанное расстояние.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, чек, Параллельный

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, чек, снимок экрана, диаграмма

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №2

## 1 Онтологии и онтологические системы. Понятие онтологии. Виды онтологий

Онтология — раздел философии, изучающий фундаментальные принципы устройства бытия, его начала, сущностные формы, свойства и категориальные распределения.

Возникновение онтологий и их стремительное развитие связано с проявлением в нашей реальности следующих новых факторов:

* колоссальный рост объемов информации, предъявляемых для обработки (анализа, использования) специалистам самых различных областей деятельности;
* чрезвычайная зашумленность этих потоков (повторы, противоречивость, разноуровневость, и т.п.);
* острая необходимость в использовании одних и тех же знаний разными специалистами в разных целях;
* всеобщая интернетизация нашей жизни и острая необходимость в структуризации информации для её представления пользователям и более эффективного поиска;
* необходимость сокращения времени на поиск нужной информации и повышения качества информационных услуг в Интернете.

Появление онтологий стало ответом ряда наук, связанных с информационными технологиями и системами искусственного интеллекта на перечисленные проблемы. Именно они обеспечили возможность их перехода на новый качественный уровень обработки и поиска информации.

В информационных технологиях и интеллектуальных системах этот термин был принят для обозначения представлений о моделях мира (бытии, сущностей, причинных связей и т.п.). Наиболее распространенными стали следующие определения.

**Онтология** – это точная спецификация концептуализации.

**Онтология** – это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации.

**Онтологии** – это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями.

В этих определениях ключевыми являются понятия: концептуализация (совместно используемая); спецификация (формальная, точная). Поясним смысл этих терминов.

Под **концептуализацией** понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий, т.е. концептов.

**Точность** подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

**Формальность** означает, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков в полной мере, в связи с их неоднозначностью и сложностью.

**Совместное использование** отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе.

Таким образом, **онтология** – это тоже модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области, но ориентированная на стандартизацию и унификацию форм представления знаний.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, письмо, бумага

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, черно-белый

Автоматически созданное описание

## 2 Понятия, характеризующие функционирование и развитие системы. Состояние. Поведение. Равновесие. Развитие. Жизненный цикл

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».
2. Система, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].
3. В самом общем случае понятие «система» характеризуется: 1. наличием множества элементов; 2. наличием связей между ними; 3. целостным характером данного устройства или процесса [В. Н. Спицнадель].
4. Система есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг]. В формальном виде данную группу определений термина система 𝑆 можно представить через теоретико-множественные представления элементов 𝑎𝑖 и отношений 𝑟𝑖 :



Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов.

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

1. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров]. Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на три группы:

* **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению данного элемента системы;
* **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;
* **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

1. **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].
2. **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единство, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С.Тюхтин]. Функциональные свойства определяется целью системы 𝑍. Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются.



Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

1. **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].
2. **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

1. **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель 𝑁.

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.



Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

**Состояние системы** — это совокупность значений всех её параметров и характеристик в определённый момент времени. Состояние системы описывает её текущее положение, свойства и внутренние связи. Оно может быть статическим (неизменным во времени) или динамическим (изменяющимся под воздействием внешних или внутренних факторов).

**Поведение системы** — это совокупность изменений её состояния во времени, вызванных внутренними процессами или внешними воздействиями. Поведение системы может быть детерминированным (предсказуемым) или стохастическим (вероятностным).

**Равновесие системы** — это состояние, при котором все внутренние и внешние воздействия на систему сбалансированы, и система сохраняет стабильность. Равновесие может быть статическим (когда система не изменяется) или динамическим (когда система изменяется, но сохраняет баланс).

**Развитие системы** — это процесс изменения её состояния, структуры и функций с течением времени. Развитие может быть прогрессивным (улучшение характеристик системы) или регрессивным (ухудшение характеристик). Развитие системы часто связано с её адаптацией к изменяющимся условиям внешней среды.

**Жизненный цикл системы** — это концепция, которая описывает этапы, через которые проходит система от момента её создания до завершения её существования. Основные этапы жизненного цикла системы:

1. Зарождение (Инициация). На этом этапе создаётся концепция системы, разрабатывается её архитектура, определяются основные компоненты и связи между ними. Происходит проектирование структуры системы, её функций и процессов.
2. Разработка (Проектирование). На этом этапе создаётся концепция системы, разрабатывается её архитектура, определяются основные компоненты и связи между ними. Происходит проектирование структуры системы, её функций и процессов.
3. Реализация (Создание). На этом этапе система воплощается в реальность. Происходит разработка, сборка и интеграция всех компонентов системы. Проводятся тестирование и отладка.
4. Внедрение (Запуск). Система внедряется в эксплуатацию. На этом этапе происходит обучение пользователей, настройка системы под конкретные условия и начало её использования.
5. Эксплуатация (Функционирование). Система работает в штатном режиме, выполняя свои функции. На этом этапе происходит поддержка системы, устранение ошибок и оптимизация её работы.
6. Развитие (Модернизация). На этом этапе система может быть улучшена или модернизирована для соответствия новым требованиям или изменениям в окружающей среде. Это может включать добавление новых функций, улучшение производительности или адаптацию к новым условиям.
7. Упадок (Стагнация). На этом этапе система начинает терять свою эффективность. Это может быть связано с устареванием технологий, изменением требований или появлением более современных альтернатив.
8. Завершение (Ликвидация). На этом этапе система прекращает своё существование. Это может быть связано с её полным устареванием, заменой на новую систему или прекращением её использования.

## 3 Муравьиный алгоритм. Биологический прототип и простейшие модели. Алгоритм поведения искусственного муравья

Большинство муравьев являются социальными насекомыми, которые живут колониями от 30 до миллиона особей. При относительно простом поведении каждой отдельной особи муравьиные колонии представляют сложную социальную структуру и способны решать сложные задачи, например, находить оптимальные пути от гнезда до источника пищи. Это привлекло внимание многих исследователей, которые изучали механизмы взаимодействия особей колонии. Среди них, прежде всего, привлекла внимание исследователей непрямая форма связи между особями, которая была названа «стигметрия» ("stigmergy") и представляет собой разнесенное во времени взаимодействие, при котором одна особь изменяет некоторую область окружающей среды, а другие особи используют эту информацию в процессе решения задачи.

Конкретно, во многих муравьиных колониях стигметрия реализуется с помощью специального фермента «феромона», который откладывается муравьем в процессе движения. При этом муравей помечает феромоном посещенный участок среды. Остальные муравьи воспринимают «запах» отложенного феромона и стараются следовать по отмеченному пути.

Муравьиные алгоритмы (МА), как и большинство, ранее рассмотренных видов эволюционных алгоритмов, основаны на использовании популяции потенциальных решений и разработаны для решения задач комбинаторной оптимизации, прежде всего, поиска различных путей на графах. Искусственные муравьи последовательно строят решение задачи, передвигаясь по графу, откладывают феромон и при выборе дальнейшего участка пути учитывают концентрацию этого фермента. Чем больше концентрация феромона в последующем участке, тем больше вероятность его выбора.

Отметим, что несмотря на то, что муравьиная колония демонстрирует сложное адаптивное поведение, которое позволяет ей решать трудные задачи, поведение одного муравья подчиняется достаточно простым правилам. Муравья можно рассматривать как агента, подвергающегося воздействию и формирующего на него соответствующую реакцию: муравей воспринимает концентрацию феромона и на этой основе выполняет действие. Поэтому муравей абстрактно может рассматриваться как простой вычислительный агент. Искусственный муравей алгоритмически моделирует простое поведение реального муравья (точнее его интересующие нас аспекты). Логика поведения искусственного муравья представлена в алгоритме А10.1.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №3

## 1 Онтологии и онтологические системы. Операции над онтологиями. Операции по редактированию. Алгебра онтологий

Онтология — раздел философии, изучающий фундаментальные принципы устройства бытия, его начала, сущностные формы, свойства и категориальные распределения.

Возникновение онтологий и их стремительное развитие связано с проявлением в нашей реальности следующих новых факторов:

* колоссальный рост объемов информации, предъявляемых для обработки (анализа, использования) специалистам самых различных областей деятельности;
* чрезвычайная зашумленность этих потоков (повторы, противоречивость, разноуровневость, и т.п.);
* острая необходимость в использовании одних и тех же знаний разными специалистами в разных целях;
* всеобщая интернетизация нашей жизни и острая необходимость в структуризации информации для её представления пользователям и более эффективного поиска;
* необходимость сокращения времени на поиск нужной информации и повышения качества информационных услуг в Интернете.

Появление онтологий стало ответом ряда наук, связанных с информационными технологиями и системами искусственного интеллекта на перечисленные проблемы. Именно они обеспечили возможность их перехода на новый качественный уровень обработки и поиска информации.

В информационных технологиях и интеллектуальных системах этот термин был принят для обозначения представлений о моделях мира (бытии, сущностей, причинных связей и т.п.). Наиболее распространенными стали следующие определения.

**Онтология** – это точная спецификация концептуализации.

**Онтология** – это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации.

**Онтологии** – это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями.

В этих определениях ключевыми являются понятия: концептуализация (совместно используемая); спецификация (формальная, точная). Поясним смысл этих терминов.

Под **концептуализацией** понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий, т.е. концептов.

**Точность** подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

**Формальность** означает, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков в полной мере, в связи с их неоднозначностью и сложностью.

**Совместное использование** отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе.

Таким образом, **онтология** – это тоже модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области, но ориентированная на стандартизацию и унификацию форм представления знаний.

Операции над онтологиями ориентированы на реализацию как процессов: разработка онтологий; так и их поддержки и организации повторного их использования. Для осуществления этих процессов используется множество операций над онтологиями, которые по своему функциональному назначению можно разбить на несколько групп.

**операции по редактированию**:

В данную группу операций входят операции, связанные с разработкой и редактированием онтологий на этапе их построения.

Создание онтологии состоит из четырех основных этапов:

* составление спецификации, определяющей допустимую область применения описываемых онтологией знаний,
* определение задач, в решении которых используются рассматриваемые знания;
* разработка концептуализации, то есть определение объектов предметной области, составляющих описываемую область знаний, и отношений между ними;
* формализация представляемых знаний.

Возможны два способа построения новой онтологии:

(1) создание новой онтологии с нуля;

(2) создание новой онтологии на основе имеющихся.

Если создание новой онтологии ведётся на уже имеющихся (ранее разработанных) онтологиях, то выполняются операции поиска и получения доступа к онтологиям, их кодирование и интеграция.

На стадии поддержки разработанной онтологии используются операции, обеспечивающие организацию доступа к онтологии, а также ее просмотр и модификацию.

Модификация онтологии, в свою очередь, включает в себя операции по добавлению, удалению, перемещению и редактированию элементов онтологии и их определений. Редактирование, в свою очередь, использует операции по проверке онтологии на согласованность и просмотр онтологии. Возможности просмотра предоставляются редакторами онтологий и серверами, обеспечивающими хранение онтологий и доступ к библиотекам онтологий.

Организация доступа – обеспечение доступа к просмотру и редактированию онтологий, хранящихся на сервере онтологий (сетевой компьютер, обеспечивающий доступ пользователей к хранящимся на нем онтологиям), из удаленных приложений или через Интернет.

Сохранение – операция, обеспечивающая возможность хранения промежуточных версий онтологии в ходе ее разработки.

Выпуск – помещение онтологии на сервер онтологий с целью предоставления возможности ее повторного использования. Онтология, которая должна быть помещена на сервер, предварительно оценивается экспертами, устанавливающими соответствие разработанной онтологии ее назначению.

**алгебра онтологий**:

Алгебра онтологий разработана для систем, основанных на знаниях, с целью построения более крупных онтологических систем, использующих знания из нескольких проблемных областей. В основе построения таких систем лежит объединение информации из нескольких баз знаний. Основные действия алгебры являются простыми операциями, они предоставляют возможности выбора объектов из исходной предметной области и помещения их в новые. Композиция информации из нескольких предметных областей осуществляется в соответствии со следующей схемой.

1. В онтологиях предметных областей осуществляется поиск терминов, представляющих интерес для конкретной прикладной задачи.
2. Для найденных терминов на основании правил строятся отображения для извлечения и соединения контекстов. Контекстом считается часть более общей онтологии, являющаяся внутренне согласованной, достоверной самой по себе. В рамках каждой предметной области формируются контексты на основании отображений для извлечения. Выполняется реструктуризация для представления данных во внутреннем формате с внесением при необходимости семантических исправлений и уточнений. Сформированные контексты образуют срезы онтологий, значимые для рассматриваемой прикладной задачи, сами по себе также являющиеся онтологиями и называемые соединяемыми онтологиями.
3. В данных (соединяемых) онтологиях на основании отображений для соединения определяются общие для них контексты. В пределах этих контекстов соединяемые онтологии являются согласованными.
4. Контексты последовательно объединяются в результирующую онтологию, описывающую собранные из разных областей знания применительно к рассматриваемой задаче.

Алгебра онтологий состоит из трех основных операций.

**Пересечение** – формирование из двух соединяемых контекстов нового, включающего в себя термины, используемые в обоих контекстах. Операция включает в себя задачу определения минимального пересечения.

**Объединение** – формирование новой непротиворечивой онтологии, включающей термины, используемые несколькими контекстами (результат операции пересечения), и оставшиеся термины из соединяемых контекстов, не являющиеся совместно используемыми.

**Вычитание** – создание несимметричных подмножеств – наборов терминов, которые включены в один контекст, но не используются в другом. Термины, совместно используемые несколькими контекстами, удаляются из результирующей онтологии. В результате остаются только уникальные термины.

Алгебра онтологий обладает следующими свойствами: операции могут комбинироваться, переупорядочиваться, альтернативные переупорядочивания могут оцениваться, возможна оптимизация порядка выполнения операций, результаты предыдущих операций могут сохраняться и повторно использоваться.

## 2 Классификация систем. Открытые и закрытые системы. Целенаправленные, целеустремленные системы. Устойчивость

Системы можно классифицировать по различным критериям, таким как природа элементов, степень сложности, взаимодействие с окружающей средой, наличие целей и т.д.

**По взаимодействию с окружающей средой** системы делятся на **открытые** и **закрытые**.

**Открытые системы** характеризуются постоянным обменом с окружающей средой. Они могут адаптироваться к изменениям внешних условий, что делает их более гибкими и устойчивыми. Примером открытой системы является живой организм, который постоянно взаимодействует с окружающей средой, получая питательные вещества и выделяя отходы.

**Закрытые системы** изолированы от окружающей среды и не обмениваются с ней веществом, энергией или информацией. Такие системы часто используются в физике и химии для упрощения анализа, но в реальности абсолютно закрытых систем не существует. 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. Примером может служить идеализированная термодинамическая система, которая не обменивается теплом с окружающей средой.

**По наличию целей** системы делятся на **целенаправленные**и **целеустремленные**.

**Целенаправленные системы** имеют четко определенные цели, которые задаются извне (например, человеком или другой системой). Эти системы стремятся к достижению конкретных результатов.

**Целеустремленные системы** не имеют четко определенных целей, но стремятся к достижению некоторого состояния, которое можно интерпретировать как цель. Такие системы часто встречаются в биологии и социологии. Целеустремленные системы обладают внутренним механизмом целеполагания и могут изменять свою цель в процессе функционирования.

**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.

Устойчивость может быть:

* **Статической** — система возвращается в исходное состояние после прекращения воздействия внешних возмущений.
* **Динамической** — система способна адаптироваться к изменениям внешних условий, сохраняя свои основные функции.

Устойчивость системы зависит от её структуры, связей между элементами и способности к саморегуляции.

## 3 Муравьиный алгоритм. Биологический прототип. Простой муравьиный алгоритм

В качестве иллюстрации возьмем задачу поиска кратчайшего пути между двумя узлами графа 𝐺 = (𝑉, 𝐸), где 𝑉– множество узлов (вершин), а 𝐸 – матрица, которая представляет связи между узлами. Пусть = |𝑉| - число узлов в графе. Обозначим - длину пути в графе, пройденного 𝑘-м муравьем, которая равна числу пройденных дуг (ребер) от первой до последней вершины пути. Пример графа с выделенным путем представлен на рис.10.7. С каждой дугой, соединяющей вершины (𝑖,𝑗), ассоциируем концентрацию феромона .

Строго говоря, в начальный момент времени концентрация феромона для каждой дуги графа нулевая, но мы для удобства каждой дуге присвоим небольшое случайное число .

Муравей выбирает следующую дугу пути случайным образом в фактически в соответствии с алгоритмом 10.1 следующим образом. Множество муравьев k={1,…,n\_k} помещаются в начальную вершину. В каждой итерации ПМА каждый муравей пошагово строит путь до конечной вершины.

При этом в каждой вершине каждый муравей должен выбрать следующую дугу пути. Если -й муравей находится в 𝑖-ой вершине, то он выбирает следующую вершину 𝑗 ∈ на основе вероятностей перехода

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, линия

Автоматически созданное описание

Здесь представляет множество возможных вершин, связанных с -й вершиной, для 𝑘-го муравья. Если для любого узла и 𝑘-го муравья = ∅, тогда предшественник узла 𝑖 включается в . В этом случае в пути возможны петли. Эти петли удаляются при достижении конечного города пути. В (4.2) 𝛼 - положительная константа, которая определяет влияние концентрации феромона. Очевидно, большие значения 𝛼 повышают влияние концентрации феромона. Это особенно существенно в начальной стадии для начальных случайных значений концентрации, что может привести к преждевременной сходимости к субоптимальным решениям. Когда все муравьи построили полный путь от начальной до конечной вершины, удаляются петли в путях, и каждый муравей помечает свой построенный путь, откладывая для каждой дуги феромон в соответствии со следующей формулой.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, снимок экрана

Автоматически созданное описание

Здесь – длина пути, построенного 𝑘-м муравьем в момент времени 𝑡. Таким образом, для каждой дуги графа концентрация феромона определяется следующим образом:



где - число муравьев.

Из (10.3) следует, что общая концентрация феромона для данной дуги пропорциональна «качеству» путей, в которые входит эта дуга, поскольку откладываемое количество феромона согласно (10.3) отражает «качество» соответствующего пути. В данном случае «качество» обратно пропорционально длине пути (числу дуг, вошедших в путь). Но в общем случае может быть использована и другая мера качества (например, стоимость проезда по данному пути или геометрическое расстояние и т.п.).

**Простой муравьиный алгоритм**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, документ, Шрифт

Автоматически созданное описание

В алгоритме А10.2 могут быть использованы различные критерии окончания, например,

* окончание при превышении заданного числа итераций;
* окончание по найденному приемлемому решению ;
* окончание, когда все муравьи следуют одним и тем же путем.

Компьютерные эксперименты с двумя мостами показали, что муравьи быстро находят решение и мало исследуют альтернативные варианты. Для предотвращения преждевременной сходимости и расширения пространства поиска можно ввести искусственное испарение феромона на каждой итерации алгоритма следующим образом:



где 𝜌 ∈ [0,1]. При этом константа 𝜌 определяет скорость испарения, которое заставляет муравьи «забывать» предыдущие решения. Очевидно, что при больших значениях 𝜌 феромон испаряется быстро, в то время как малые значения 𝜌 способствуют медленному испарению. Отметим, что чем больше испаряется феромон, тем поиск становится более случайным. Так при 𝜌 = 1 мы имеем случайный поиск.

# Экзаменационный билет №4

## 1 Онтологии и онтологические системы. Операции над онтологиями. Операции по интеграции онтологий. Операции по агрегированию и декомпозиции

Онтология — раздел философии, изучающий фундаментальные принципы устройства бытия, его начала, сущностные формы, свойства и категориальные распределения.

Возникновение онтологий и их стремительное развитие связано с проявлением в нашей реальности следующих новых факторов:

* колоссальный рост объемов информации, предъявляемых для обработки (анализа, использования) специалистам самых различных областей деятельности;
* чрезвычайная зашумленность этих потоков (повторы, противоречивость, разноуровневость, и т.п.);
* острая необходимость в использовании одних и тех же знаний разными специалистами в разных целях;
* всеобщая интернетизация нашей жизни и острая необходимость в структуризации информации для её представления пользователям и более эффективного поиска;
* необходимость сокращения времени на поиск нужной информации и повышения качества информационных услуг в Интернете.

Появление онтологий стало ответом ряда наук, связанных с информационными технологиями и системами искусственного интеллекта на перечисленные проблемы. Именно они обеспечили возможность их перехода на новый качественный уровень обработки и поиска информации.

В информационных технологиях и интеллектуальных системах этот термин был принят для обозначения представлений о моделях мира (бытии, сущностей, причинных связей и т.п.). Наиболее распространенными стали следующие определения.

**Онтология** – это точная спецификация концептуализации.

**Онтология** – это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации.

**Онтологии** – это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями.

В этих определениях ключевыми являются понятия: концептуализация (совместно используемая); спецификация (формальная, точная). Поясним смысл этих терминов.

Под **концептуализацией** понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий, т.е. концептов.

**Точность** подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

**Формальность** означает, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков в полной мере, в связи с их неоднозначностью и сложностью.

**Совместное использование** отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе.

Таким образом, **онтология** – это тоже модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области, но ориентированная на стандартизацию и унификацию форм представления знаний.

Операции над онтологиями ориентированы на реализацию как процессов: разработка онтологий; так и их поддержки и организации повторного их использования. Для осуществления этих процессов используется множество операций над онтологиями, которые по своему функциональному назначению можно разбить на несколько групп.

**операции по интеграции онтологий**:

Для её выполнения применяются следующие операции.

Выборка – предназначена для формирования внутренне согласованной части исходной онтологии или ее среза, который будет включен в новую онтологию. В алгебре онтологий такой срез назывался контекстом. В качестве начальных условий принимается, что часть онтологии, которая будет использоваться в новой онтологии, известна. Относительно этой части формируются максимальный и оптимальный срезы.

Отсечение – служит для удаления из максимального среза классов, которые являются несущественными для новой онтологии.

Выделяются: простая интеграция (интеграция нескольких онтологий (или частей) в одну онтологию); соединение (merging) онтологий как интеграция нескольких независимо разработанных онтологий. Исходные онтологии должны удовлетворять требованиям: совместимости формализмов и языков представления интегрируемых онтологий; отсутствия противоречий в структурных и семантических представлениях описываемых онтологиями знаний.

Для операции соединения онтологий характерно объединение одинаковых по содержанию, но возможно отличающихся по форме представления элементов онтологии, в один элемент. Новая онтология строится на базе соединения классов, атрибутов, аксиом и других элементов онтологий, касающихся той же самой проблемы, для которой строится новая онтология. Для того, чтобы обеспечить единую форму представления соединяемых элементов онтологий, операции по переводу и преобразованию осуществляются до операции соединения. Онтология, полученная в результате соединения онтологий, унифицирует знания, хранящиеся в других онтологиях. В зависимости от количества изменений, вносимых в новую онтологию (полученную в результате соединения), могут быть выделены различные уровни интеграции: установка соответствий, частичная согласованность и унификация.

**Установка соответствий** – операция, задающая отношения между онтологиями посредством установки связей между эквивалентными понятиями в онтологиях. Такой вид соединения сохраняет структуру исходных онтологий, не требует переименования терминов, изменений в аксиомах, определениях, доказательствах и т.п., т.е. является наиболее «слабой» формой соединения.

**Частичная согласованность** – операция, устанавливающая между онтологиями соответствия, поддерживающие эквивалентный логический вывод и вычисления, выполняемые для всех эквивалентных понятий и отношений.

Унификация – операция, результатом которой является новая универсальная онтология. Унификация определена как частичная согласованность онтологий, которая может быть.

**операции по агрегированию и декомпозиции**:

Эти операции предназначены для разбиения (декомпозиции) онтологий на модули и сбора онтологий из модульных компонент.

Модуляризация или декомпозиция – операция по разбиению онтологии на модули, которые могут служить основой для разработки новых онтологий. Возможны подходы к разбиению онтологий на модули, основанные на:

* области применения: упорядочивание базы знаний, описываемой онтологией, по темам, заданным инженером по знаниям;
* решаемой задаче: упорядочивание базы знаний по правилам логического вывода, применяемых для ее решения, а также по используемым в логическим выводе объектам;
* микро-теориях: микро-теория состоит из набора высказываний и ограничена областью применения (для каких объектов, при каких условиях и т.п. данная теория может быть использована);
* контекстах: выявление разобщенных контекстов и помещение их в самостоятельные модули. Для выявления разобщенных контекстов используются, как правило, специальные методы анализа контекстов.

Помещенные в библиотеку модули могут повторно использоваться при построении онтологий для других предметных областей.

Составление – операция конструирования новой онтологии из модулей. Новая онтология строится посредством выбора подходящих модулей из библиотеки и их соединения.

## 2 Классификация систем. Классификации систем по сложности и по степени организованности

Классификация систем — это важный этап в системном анализе, который позволяет структурировать знания о системах, выделить их ключевые характеристики и определить подходы к их исследованию и управлению. Предложенные классификации тесно связаны между собой, так как сложность системы часто зависит от её организованности, и наоборот.

Сложность системы определяется количеством элементов, связей между ними, разнообразием их взаимодействий, а также степенью неопределённости и динамичности системы. В зависимости от этих параметров системы можно разделить на несколько типов **по сложности**:

1. **Простые системы**. Такие системы содержат небольшое количество элементов и простые связи между ними. Поведение системы можно легко предсказать. Системы, как правило, обладают математическими зависимостями.
2. **Сложные системы**. Состоят из множества взаимосвязанных элементов. Имеют нелинейные зависимости, усложняющие прогнозирование их поведения. Возможно наличие иерархии элементов. Высокая степень неопределённости и стохастичности (вероятностный характер поведения).
3. **Сверхсложные системы**. Содержат многоуровневую структуру и сложные механизмы взаимодействия элементов. Высокая степень неопределённости и динамичности. Сложность описания и моделирования из-за большого числа переменных и взаимодействий.
4. **Большие системы**. Большое количество элементов, но связи между ними могут быть относительно простыми. Система может быть разбита на подсистемы, которые взаимодействуют между собой.

**Классификация систем по степени организованности**:

1. **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.
2. **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.
3. **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).

## 3 Муравьиная система. Биологический прототип. Алгоритм муравьиной системы

В качестве иллюстрации возьмем задачу поиска кратчайшего пути между двумя узлами графа 𝐺 = (𝑉, 𝐸), где 𝑉– множество узлов (вершин), а 𝐸 – матрица, которая представляет связи между узлами. Пусть = |𝑉| - число узлов в графе. Обозначим - длину пути в графе, пройденного 𝑘-м муравьем, которая равна числу пройденных дуг (ребер) от первой до последней вершины пути. Пример графа с выделенным путем представлен на рис.10.7. С каждой дугой, соединяющей вершины (𝑖,𝑗), ассоциируем концентрацию феромона .

Строго говоря, в начальный момент времени концентрация феромона для каждой дуги графа нулевая, но мы для удобства каждой дуге присвоим небольшое случайное число .

Муравей выбирает следующую дугу пути случайным образом в фактически в соответствии с алгоритмом 10.1 следующим образом. Множество муравьев k={1,…,n\_k} помещаются в начальную вершину. В каждой итерации ПМА каждый муравей пошагово строит путь до конечной вершины.

При этом в каждой вершине каждый муравей должен выбрать следующую дугу пути. Если -й муравей находится в 𝑖-ой вершине, то он выбирает следующую вершину 𝑗 ∈ на основе вероятностей перехода

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, линия

Автоматически созданное описание

Здесь представляет множество возможных вершин, связанных с -й вершиной, для 𝑘-го муравья. Если для любого узла и 𝑘-го муравья = ∅, тогда предшественник узла 𝑖 включается в . В этом случае в пути возможны петли. Эти петли удаляются при достижении конечного города пути. В (4.2) 𝛼 - положительная константа, которая определяет влияние концентрации феромона. Очевидно, большие значения 𝛼 повышают влияние концентрации феромона. Это особенно существенно в начальной стадии для начальных случайных значений концентрации, что может привести к преждевременной сходимости к субоптимальным решениям. Когда все муравьи построили полный путь от начальной до конечной вершины, удаляются петли в путях, и каждый муравей помечает свой построенный путь, откладывая для каждой дуги феромон в соответствии со следующей формулой.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, белый, снимок экрана

Автоматически созданное описание

Здесь – длина пути, построенного 𝑘-м муравьем в момент времени 𝑡. Таким образом, для каждой дуги графа концентрация феромона определяется следующим образом:



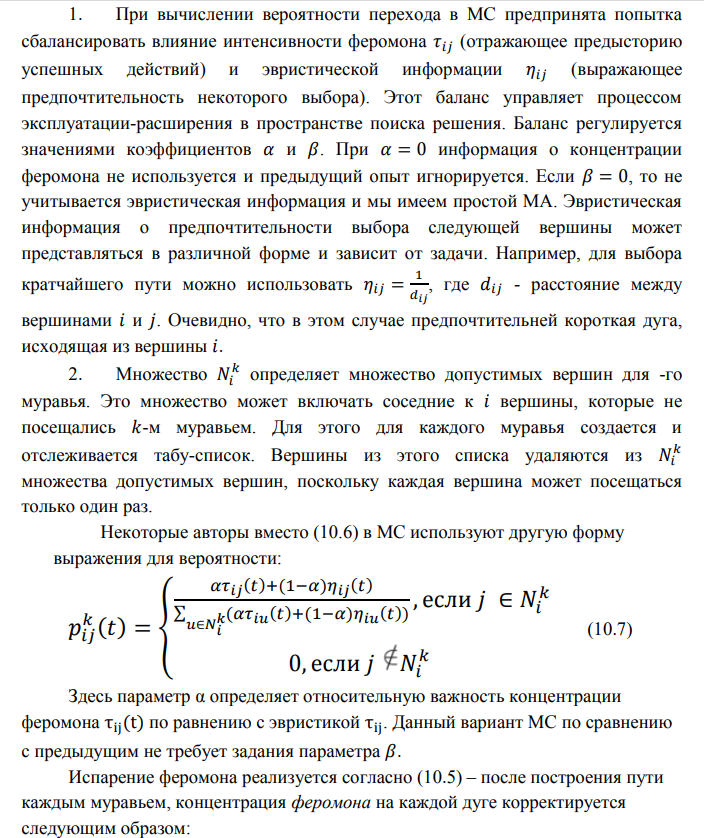
где - число муравьев.

Из (10.3) следует, что общая концентрация феромона для данной дуги пропорциональна «качеству» путей, в которые входит эта дуга, поскольку откладываемое количество феромона согласно (10.3) отражает «качество» соответствующего пути. В данном случае «качество» обратно пропорционально длине пути (числу дуг, вошедших в путь). Но в общем случае может быть использована и другая мера качества (например, стоимость проезда по данному пути или геометрическое расстояние и т.п.).

**Алгоритм муравьиной системы**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание



Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, число

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, алгебра

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №5

## 1 Онтологии и онтологические системы. Операции над онтологиями. операции по преобразованию. Операции по сравнению, проверке и оценке

Онтология — раздел философии, изучающий фундаментальные принципы устройства бытия, его начала, сущностные формы, свойства и категориальные распределения.

Возникновение онтологий и их стремительное развитие связано с проявлением в нашей реальности следующих новых факторов:

* колоссальный рост объемов информации, предъявляемых для обработки (анализа, использования) специалистам самых различных областей деятельности;
* чрезвычайная зашумленность этих потоков (повторы, противоречивость, разноуровневость, и т.п.);
* острая необходимость в использовании одних и тех же знаний разными специалистами в разных целях;
* всеобщая интернетизация нашей жизни и острая необходимость в структуризации информации для её представления пользователям и более эффективного поиска;
* необходимость сокращения времени на поиск нужной информации и повышения качества информационных услуг в Интернете.

Появление онтологий стало ответом ряда наук, связанных с информационными технологиями и системами искусственного интеллекта на перечисленные проблемы. Именно они обеспечили возможность их перехода на новый качественный уровень обработки и поиска информации.

В информационных технологиях и интеллектуальных системах этот термин был принят для обозначения представлений о моделях мира (бытии, сущностей, причинных связей и т.п.). Наиболее распространенными стали следующие определения.

**Онтология** – это точная спецификация концептуализации.

**Онтология** – это формальная точная спецификация совместно используемой концептуализации.

**Онтологии** – это базы знаний специального типа, которые могут читаться и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться их пользователями.

В этих определениях ключевыми являются понятия: концептуализация (совместно используемая); спецификация (формальная, точная). Поясним смысл этих терминов.

Под **концептуализацией** понимается абстрактная модель явлений (процессов) в мире, составленная посредством определения существенных для описания данных явлений понятий, т.е. концептов.

**Точность** подразумевает, что типы используемых понятий и ограничения на область применения данных понятий явно определены.

**Формальность** означает, что онтология должна быть ориентирована на компьютерное представление, что исключает использование естественных языков в полной мере, в связи с их неоднозначностью и сложностью.

**Совместное использование** отражает понятие того, что онтология описывает всеобщие знания, т.е. не персональные знания одного человека, а знания, принятые в группе, сообществе.

Таким образом, **онтология** – это тоже модель предметной области, использующая все доступные средства представления знаний, релевантные для данной области, но ориентированная на стандартизацию и унификацию форм представления знаний.

Операции над онтологиями ориентированы на реализацию как процессов: разработка онтологий; так и их поддержки и организации повторного их использования. Для осуществления этих процессов используется множество операций над онтологиями, которые по своему функциональному назначению можно разбить на несколько групп.

**операции по преобразованию**:

Эти операции ориентированы на приведение онтологий к общему виду или выражения формы представления одной онтологии в форме другой с целью предоставления возможностей их повторного использования в операциях по интеграции.

Переформулирование – операция по преобразованию представления входной теории. Например, данная операция может быть использована для преобразования функциональных предикатов в отношения.

Построение таксономии – операция по формированию иерархической структуры, основанной на отношении IS\_A, в которой свойства более общих понятий наследуются подчиненными им понятиями.

Перевод – операция по переводу онтологий, разработанных в одном формализме и реализованных с помощью одних языков, в другие формализмы и языки. Реализация операции связана с разработкой средств, способных осуществлять взаимные переводы между несколькими форматами.

**операции по сравнению, проверке и оценке**:

Сравнение (matching) – операция, устанавливающая степень соответствия онтологий. Данная операция включает с себя операции по сравнению концептуальных структур и операции, определяющие степень переводимости одной онтологии в другую Сравнение концептуальных структур заключается в определении степени совместимости понятий, используемых в разных онтологиях. Концептуальная структура определяется областью применения описываемых знаний. Для сравнения выбираются несколько онтологий, описывающих одну и ту же прикладную проблему. Степень совместимости оценивается в соответствии с классификацией: согласие / соответствие / конфликт / противоречие. В соответствии с указанной классификацией концептуальные структуры могут находиться в следующих отношениях:

* согласующиеся: разные онтологии имеют одинаковые структуру и терминологию;
* соответствующие: в разных онтологиях одинаковые структурные элементы имеют разные имена (несовпадения в терминологии):
* конфликтующие: в разных онтологиях разные структурные элементы названы одинаково;
* противоречивые: в разных онтологиях нет совпадений ни в структурах, ни в терминологии.

Проверка – операция, проверяющая корректность и непротиворечивость (внутреннюю согласованность) онтологии. В ходе операции производится семантический и синтаксический анализ онтологии.

Оценка – операция, в результате которой выносится заключение о соответствии онтологии ее назначению. Операция выполняется экспертами перед выпуском онтологии. Онтология оценивается по ее соответствию: требованиям, спецификации, реальному миру, степени компетентности.

Приведенный перечень операций может варьироваться в различных системах представления по названиям, по определениям, модифицироваться, но, в принципе, является типовым для разработки и поддержки онтологий любого класса.

## 2 Система, информация, знания. Методы получения и использования информации. Структура познания системы

**Система** — это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих целостное единство и обладающих свойствами, которые не сводятся к свойствам отдельных элементов. Система характеризуется:

* Элементами — составными частями системы.
* Связями — взаимодействиями между элементами.
* Целостностью — системой как единым целым, обладающим эмерджентными свойствами.
* Целями — задачами, которые система решает.

**Информация** — это сведения, данные или знания, которые передаются, обрабатываются и используются для принятия решений. В системном анализе информация играет ключевую роль, так как она:

* Обеспечивает связь между элементами системы.
* Позволяет системе адаптироваться к изменениям внешней среды.
* Используется для управления системой.

**Знания** — это структурированная и осмысленная информация, которая используется для понимания, прогнозирования и управления системами. Знания включают:

* Факты — объективные данные.
* Правила — закономерности и принципы.
* Опыт — практические навыки и умения.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

Познание системы – это процесс выявления её свойств, структуры и закономерностей функционирования.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, документ, Шрифт

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Правила поведения птиц в модели Рейнольдса. Основной роевой алгоритм. Графическая иллюстрация

Роевые алгоритмы (РА), также, как и эволюционные, используют популяцию особей – потенциальных решений проблемы и метод стохастической оптимизации, который навеян (моделирует) социальным поведением птиц или рыб в стае или насекомых в рое. Аналогично эволюционным алгоритмам здесь начальная популяция потенциальных решений также генерируется случайным образом и далее ищется оптимальное решение проблемы в процессе выполнения РА.

Алгоритм роя является методом численной оптимизации, поддерживающий общее количество возможных решений, которые называются частицами или агентами, и перемещая их в пространстве к наилучшему найденному в этом пространстве решению, всё время находящемуся в изменении из-за нахождения агентами более выгодных решений.

**Естественная мотивация**

Работы в области роевого интеллекта были инспирированы исследованиями разнообразных реальных колоний. Например, метод роя частиц основан на исследовании и моделировании коллективного поведения стай птиц, проведенного Крейгом Рейнольдсом. Целью этих исследований было построение реалистической анимации полета птиц. Особенностью поведения птичьих стай является то, что в них нет никакого единого центра управления, тем не менее вся стая демонстрирует весьма цельное поведение. Рейнольдсом были сформулированы три простых принципа, которых должна придерживаться каждая отдельная птица.

Изображение выглядит как зарисовка, рисунок, круг, искусство

Автоматически созданное описание

1) каждая птица старается не приближаться к другим птицам (или другим объектам) на расстояние меньше некоторой заданной величины;

2) каждая птица старается выбрать свой вектор скорости наиболее близким к среднему вектору скорости среди всех птиц в своей локальной окрестности;

3) каждая птица старается расположиться в геометрическом центре масс своей локальной окрестности.

Первый принцип предназначен для того, чтобы избежать столкновений среди птиц, второй — координирует скорость и направление полета, третий — заставляет каждую птицу не отрываться от стаи (а в идеале — расположится внутри стаи). Иногда эти принципы входят в противоречие друг с другом, в этих случаях целесообразно ввести приоритет отдельных правил и следовать правилам с наивысшим приоритетом.

Моделирование, основанное на перечисленных принципах, показывает весьма реалистическое поведение стай, способных, в частности, разделяться на несколько групп при встрече с препятствиями (домами, деревьями) и затем, спустя некоторое время, вновь соединяться в общую стаю.

Переход от моделирования коллективного поведения к коллективной оптимизации основан на следующей биологической идее: организмы объединяются в колонии для улучшения своих условий существования — каждый организм в колонии в среднем имеет больше шансов на выживание в борьбе с хищниками, колония может более эффективно производить поиск, обработку и хранение пищи по сравнению с отдельными особями и т. д. Другими словами любая колония организмов в течение всего времени своего существования с той или иной степенью эффективности решает различные оптимизационные задачи, чаще всего — многокритериальные (например, максимизация количества пищи с одновременной минимизацией потерь от хищников).

**Основной роевой алгоритм**

РА использует рой частиц, где каждая частица представляет потенциальное решение проблемы. Поведение частицы в гиперпространстве поиска решения все время подстраивается в соответствии со своим опытом и опытом своих соседей. Кроме этого, каждая частица помнит свою лучшую позицию с достигнутым локальным лучшим значением целевой (фитнесс-) функции и знает наилучшую позицию частиц - своих соседей, где достигнут глобальный на текущий момент оптимум. В процессе поиска частицы роя обмениваются информацией о достигнутых лучших результатах и изменяют свои позиции и скорости по определенным правилам на основе имеющейся на текущий момент информации о локальных и глобальных достижениях. При этом глобальный лучший результат известен всем частицам и немедленно корректируется в том случае, когда некоторая частица роя находит лучшую позицию с результатом, превосходящим текущий глобальный оптимум. Каждая частица сохраняет значения координат своей траектории с соответствующими лучшими значениями целевой функции, которая отражает когнитивную компоненту. Аналогично значение глобального оптимума, достигнутого частицами роя, которое отражает социальную компоненту. Таким образом, каждая частица роя подчиняется достаточно простым правилам поведения, которые учитывают локальный успех каждой особи и глобальный оптимум всех особей (или некоторого множества соседей) роя.

Алгоритм формально состоит из следующих ключевых шагов:

1. Создание роя частиц.
2. Нахождение лучшего решения для каждой частицы.
3. Нахождение лучшего решения для всех частиц.
4. Коррекция скорости каждой частицы (Формула 1.3.5).
5. Перемещение каждой частицы (Формула 1.3.4).
6. Завершение работы, если критерий останова выполнен, иначе возврат к пункту номер два.

Начальная популяция состоит из N частиц. Каждая частица описывается вектором координат и вектором скоростей (Формула 1.3.1).

(1.3.1)

где x – координата частицы в гиперпространстве;

j – номер частицы;

k – номер итерации алгоритма;

i – номер координаты;

v – скорость координаты;

N – общее количество частиц;

n – количество измерений.

Лучшее решение для j-й частицы на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.2.

(1.3.2)

Лучшее решение для всех частиц на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.3.

(1.3.3)

Перемещение частицы осуществляется в соответствии с Формулой 1.3.4.

(1.3.4)

Вектор скорости управляет процессом поиска решения и его компоненты определяются с учетом когнитивной и социальной составляющей. На каждой итерации для j-й частицы i-я компонента скорости определяется в соответствии с Формулой 1.3.5.

(1.3.5)

где – подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска;

– подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска.

Графически это наглядно иллюстрируется для двумерного случая.

Изображение выглядит как текст, линия, диаграмма, чек

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, чек, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №6

## 1 Системность. Системная теория. Системный метод. Системный подход. Системный анализ

**Системность** — это свойство объекта или явления рассматриваться как система, то есть как целостное образование, состоящее из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Системность предполагает:

* Целостность — система рассматривается как единое целое, обладающее свойствами, которые не сводятся к свойствам её элементов.
* Взаимосвязь — элементы системы взаимодействуют между собой, образуя структуру.
* Иерархичность — система может быть частью более крупной системы (метасистемы) и сама состоять из подсистем.
* Эмерджентность — возникновение новых свойств системы, которые не присущи её элементам в отдельности.

Гносеологическая системность, как правило, рассматривается в трех аспектах: системная теория, системный метод и системный подход.

Изображение выглядит как текст, диаграмма, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

**Системная теория** накапливает знание о системах и используется для объяснения систем различной природы. Это — не просто мировоззрение, а строгое научное знание о мире систем. Выполняет объясняющие и систематизирующие функции.

**Системный метод** выступает как некоторая интегральная совокупность относительно простых методов и приемов познания, а также преобразования действительности. Системный метод реализует познавательную и методологическую функции.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

**Системный подход** следует рассматривать как некоторый методологический подход человека к действительности, представляющий собой некоторую общность принципов. Это по сути дела системная парадигма, системное мировоззрение. Назначение системного подхода заключается в том, что он направляет человека на системное видение действительности. Он заставляет рассматривать мир с системных позиций, точнее — с позиций его системного устройства. Системный подход, будучи принципом познания, выполняет ориентационную и мировоззренческую функции, обеспечивает не только видение мира, но и ориентацию в нем.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

**Анализ** – метод научного исследования (познания) явлений и процессов, в основе которого лежит изучение составных частей, элементов изучаемой системы. Термин СА трактуется в публикациях неоднозначно. В одних работах он определяется как «приложение системных концепций к функциям управления, связанным с планированием» или даже со стратегическим планированием и целевой стадией планирования. В других термин СА употребляется как синоним термина «анализ систем» или «системное управление организацией». Некоторые авторы даже в определении СА подчеркивают, что это методология исследования целенаправленных систем. На основе обобщения различных точек зрения делаются следующее определения.

**Системный анализ**:

1) применяется в тех случаях, когда задача (проблема) не может быть сразу представлена и решена с помощью формальных, математических методов, т.е. имеют место большая начальная неопределенность проблемной ситуации и многокритериальность задачи;

2) уделяет внимание процессу постановки задачи и использует не только формальные методы, но и методы качественного анализа; в эти группы методов названы методы формализованного представления систем и методы, направленные на активизацию использования интуиции и опыта специалистов;

3) опирается на основные понятия теории систем и философские концепции, лежащие в основе исследования общесистемных закономерностей;

4) помогает организовать процесс коллективного принятия решения, объединяя специалистов различных областей знаний;

5) для организации процесса исследования и принятия решения требует обязательной разработки методики системного анализа, определяющей последовательность этапов проведения анализа и методы их выполнения, объединяющей методы;

6) исследует процессы целеобразования и разработки средств работы с целями, в том числе занимается разработкой методик структуризации целей;

7) основным методом СА является расчленение большой неопределенности на более обозримые, лучше поддающиеся исследованию (что и соответствует понятию анализ) при сохранении целостного (системного) представления об объекте исследования и проблемной ситуации.

## 2 Структура системы. Виды структур. Сетевая структура, Иерархическая структура

Структура - отражение определенных взаимосвязей, взаиморасположения составных частей системы, ее устройства (строения).

Система может быть представлена простым перечислением элементов, или «черным ящиком» (моделью «вход - выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такое представление недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нем обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых результатов. В этих случаях систему отображают путем расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие структуры.

В предельном случае, когда пытаются применить понятие структуры к простым, полностью детерминированным объектам, понятия структуры и системы совпадают.

**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).

Структуры могут быть представлены в матричной форме, в форме теоретико-множественных описаний, с помощью языка топологии, алгебры и других средств моделирования систем. Структуры, особенно иерархические, могут помочь в раскрытии неопределенности сложных систем. Иными словами, структурные представления систем могут являться средством их исследования.

**Сетевая структура**

Сетевая структура, или сеть, представляет собой декомпозицию системы во времени. Такие структуры могут отображать порядок действия технической системы (телефонная сеть, электрическая сеть, компьютерные сети и т.п.), этапы деятельности человека (при производстве продукции - сетевой график, при проектировании - сетевая модель, при планировании – сетевой план и т.д.).

Изображение выглядит как диаграмма, линия, круг

Автоматически созданное описание

В представлении сетевых структур пользуются определенной терминологией: источник, сток, вершина, ребро, путь, критический путь.

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.

Элементы сети могут быть расположены последовательно и параллельно. Сети бывают разные. Наиболее распространены и удобны для анализа однонаправленные сети. Но могут быть и сети с обратными связями, с циклами. Для анализа сложных сетей существуют математический аппарат теории графов, прикладная теория сетевого планирования и управления, сетевого моделирования.

**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. Иерархическая структура представляет собой декомпозицию системы в пространстве.

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 d, е.

Изображение выглядит как диаграмма, линия, План, оригами

Автоматически созданное описание

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Типовые социальные сетевые структуры. Локальный роевой алгоритм

Роевые алгоритмы (РА), также, как и эволюционные, используют популяцию особей – потенциальных решений проблемы и метод стохастической оптимизации, который навеян (моделирует) социальным поведением птиц или рыб в стае или насекомых в рое. Аналогично эволюционным алгоритмам здесь начальная популяция потенциальных решений также генерируется случайным образом и далее ищется оптимальное решение проблемы в процессе выполнения РА.

Алгоритм роя является методом численной оптимизации, поддерживающий общее количество возможных решений, которые называются частицами или агентами, и перемещая их в пространстве к наилучшему найденному в этом пространстве решению, всё время находящемуся в изменении из-за нахождения агентами более выгодных решений.

**Естественная мотивация**

Работы в области роевого интеллекта были инспирированы исследованиями разнообразных реальных колоний. Например, метод роя частиц основан на исследовании и моделировании коллективного поведения стай птиц, проведенного Крейгом Рейнольдсом. Целью этих исследований было построение реалистической анимации полета птиц. Особенностью поведения птичьих стай является то, что в них нет никакого единого центра управления, тем не менее вся стая демонстрирует весьма цельное поведение. Рейнольдсом были сформулированы три простых принципа, которых должна придерживаться каждая отдельная птица.

Изображение выглядит как зарисовка, рисунок, круг, искусство

Автоматически созданное описание

1) каждая птица старается не приближаться к другим птицам (или другим объектам) на расстояние меньше некоторой заданной величины;

2) каждая птица старается выбрать свой вектор скорости наиболее близким к среднему вектору скорости среди всех птиц в своей локальной окрестности;

3) каждая птица старается расположиться в геометрическом центре масс своей локальной окрестности.

Первый принцип предназначен для того, чтобы избежать столкновений среди птиц, второй — координирует скорость и направление полета, третий — заставляет каждую птицу не отрываться от стаи (а в идеале — расположится внутри стаи). Иногда эти принципы входят в противоречие друг с другом, в этих случаях целесообразно ввести приоритет отдельных правил и следовать правилам с наивысшим приоритетом.

Моделирование, основанное на перечисленных принципах, показывает весьма реалистическое поведение стай, способных, в частности, разделяться на несколько групп при встрече с препятствиями (домами, деревьями) и затем, спустя некоторое время, вновь соединяться в общую стаю.

Переход от моделирования коллективного поведения к коллективной оптимизации основан на следующей биологической идее: организмы объединяются в колонии для улучшения своих условий существования — каждый организм в колонии в среднем имеет больше шансов на выживание в борьбе с хищниками, колония может более эффективно производить поиск, обработку и хранение пищи по сравнению с отдельными особями и т. д. Другими словами любая колония организмов в течение всего времени своего существования с той или иной степенью эффективности решает различные оптимизационные задачи, чаще всего — многокритериальные (например, максимизация количества пищи с одновременной минимизацией потерь от хищников).

**Локальный роевой алгоритм**

РА использует рой частиц, где каждая частица представляет потенциальное решение проблемы. Поведение частицы в гиперпространстве поиска решения все время подстраивается в соответствии со своим опытом и опытом своих соседей. Кроме этого, каждая частица помнит свою лучшую позицию с достигнутым локальным лучшим значением целевой (фитнесс-) функции и знает наилучшую позицию частиц - своих соседей, где достигнут глобальный на текущий момент оптимум. В процессе поиска частицы роя обмениваются информацией о достигнутых лучших результатах и изменяют свои позиции и скорости по определенным правилам на основе имеющейся на текущий момент информации о локальных и глобальных достижениях. При этом глобальный лучший результат известен всем частицам и немедленно корректируется в том случае, когда некоторая частица роя находит лучшую позицию с результатом, превосходящим текущий глобальный оптимум. Каждая частица сохраняет значения координат своей траектории с соответствующими лучшими значениями целевой функции, которая отражает когнитивную компоненту. Аналогично значение глобального оптимума, достигнутого частицами роя, которое отражает социальную компоненту. Таким образом, каждая частица роя подчиняется достаточно простым правилам поведения, которые учитывают локальный успех каждой особи и глобальный оптимум всех особей (или некоторого множества соседей) роя.

Алгоритм формально состоит из следующих ключевых шагов:

1. Создание роя частиц.
2. Нахождение лучшего решения для каждой частицы.
3. Нахождение лучшего решения для всех частиц.
4. Коррекция скорости каждой частицы (Формула 1.3.5).
5. Перемещение каждой частицы (Формула 1.3.4).
6. Завершение работы, если критерий останова выполнен, иначе возврат к пункту номер два.

Начальная популяция состоит из N частиц. Каждая частица описывается вектором координат и вектором скоростей (Формула 1.3.1).

(1.3.1)

где x – координата частицы в гиперпространстве;

j – номер частицы;

k – номер итерации алгоритма;

i – номер координаты;

v – скорость координаты;

N – общее количество частиц;

n – количество измерений.

Лучшее решение для j-й частицы на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.2.

(1.3.2)

Лучшее решение для всех частиц на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.3.

(1.3.3)

Перемещение частицы осуществляется в соответствии с Формулой 1.3.4.

(1.3.4)

Вектор скорости управляет процессом поиска решения и его компоненты определяются с учетом когнитивной и социальной составляющей. На каждой итерации для j-й частицы i-я компонента скорости определяется в соответствии с Формулой 1.3.5.

(1.3.5)

где – подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска;

– подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска.

Локальный роевый алгоритм использует для коррекции вектора скорости частицы только локальный оптимум, который определяется на множестве соседних (ближайших в некотором смысле) частиц. То есть считается, что данной частице может передавать полезную информацию только ее ближайшее окружение. При этом отношение соседства задается некоторой «социальной» сетевой структурой, которая образует перекрывающееся множества соседних частиц, которые могут влиять друг на друга. Соседние частицы обмениваются между собой информацией о достигнутых лучших результатах и поэтому стремятся двигаться в сторону локального в данной окрестности оптимума.

Поток информации через «социальную сеть» зависит от:

1) степени связности узлов сети,

2) числа кластеров,

3) среднего расстояния между узлами сети.

В сильно связной социальной сети большинство частиц могут сообщаться друг с другом, что способствует быстрому распространению информации о достигнутых оптимумах и вследствие этого высокой скорости сходимости процесса поиска решения в отличие от мало связных сетей. Однако это часто достигается ценой преждевременной сходимости к локальным экстремумам. С другой стороны, для мало связных сетей с большим числом кластеров возможна ситуация, когда пространство поиска покрывается неудовлетворительно, вследствие чего трудно получить глобальное оптимальное решение. Каждый кластер содержит сильно связанные особи и покрывает только часть пространства поиска. Сетевая структура обычно содержит несколько кластеров, которые слабо связаны между собой. Следовательно, исследуется информация только в ограниченной части пространства поиска.

Изображение выглядит как зарисовка, рисунок, диаграмма, шаблон

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как зарисовка, диаграмма, рисунок, шаблон

Автоматически созданное описание

На рис. a) представлена структура «звезда», где все частицы связаны друг с другом (образуют полный граф) и могут соответственно обмениваться информацией. В этом случае каждая частица стремится сместиться в сторону глобальной лучшей позиции, которую нашел рой. Очевидно, что основной РА, рассмотренный в предыдущем разделе, использует по умолчанию фактически структуру «звезда» на всем рое.

На следующем рис. б) приведена сетевая структура «кольцо», где каждая частица общается со своими 𝑛𝑁 ближайшими соседями. При 𝑛𝑁 = 2 каждая частица связана только с двумя ближайшими соседями по кольцу, как это показано на рисунке. В этом случае каждая частица пытается сместиться в сторону лучшего соседа. Следует отметить, что множества соседних окружений перекрываются и вследствие этого возможен обмен информацией не только между ближайшими соседями. Поэтому данная структура позволяет находить и глобальный экстремум, но с меньшей скоростью.

В сетевой структуре «колесо», показанной на рис. в), особи фактически изолированы друг от друга. Только одна частица выступает в качестве «фокальной точки», через которую идет обмен информации. В этом случае «фокальная частица» сравнивает характеристики всех соседних частиц и стремится в сторону лучшего соседа. Если новая позиция «фокальной частицы» имеет лучшие характеристики, то она сообщает это всем своим соседям. Данная сетевая структура замедляет распространение хороших решений через рой.

Социальная структура «пирамида» образует трехмерный каркас, как это показано на рис. г).

Далее на рис. д) представлена четырех-кластерная социальная структура, в которой четыре кластера связаны друг с другом двумя соединениями.

Наконец, на рис. е) приведена социальная структура, где частицы объединены в решетку. Данный тип, согласно проведенным экспериментальным исследованиям, показывает лучшие результаты при решении многих задач.

Следует отметить, что, в основном, РА частицы в окружении не связаны друг с другом. Выбор соседей выполняется на основе индексов частицы. Однако, кроме этого, разработаны методы, где соседнее окружение формируется на основе пространственной близости. Существуют, по крайней мере, две причины, по которым отношение соседства по индексам предпочтительнее:

1. экономия в вычислительных ресурсах, так как не требуется пространственное упорядочение частиц, где необходимы вычисления евклидовых расстояний между частицами;

2. это способствует распространению информации о хороших решениях для всех частиц, безотносительно их текущего расположения в пространстве поиска.

Рассмотренные две версии глобального и локального РА похожи в том смысле, что в обоих присутствует социальная компонента изменения скорости частицы, которая направляет ее в сторону глобальной лучшей позиции. Это возможно вследствие того, что локальные соседние области перекрываются. Но существуют, по крайней мере, два основных различия между этими двумя подходами относительно их характеристик сходимости:

1. благодаря большему взаимодействию частиц в глобальном РА он сходится быстрее, чем локальный РА. Однако эта быстрая сходимость достигается ценой сужения пространства поиска.

2. вследствие большего разнообразия потенциальных решений локальный РА менее подвержен преждевременной сходимости к локальным экстремумам.

# Экзаменационный билет №7

## 1 Понятие «Система». Универсальные понятия системы и их формальный вид. Элемент. Связь. Структура пространства системы

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».
2. Система, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].
3. Система есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг]. В формальном виде данную группу определений термина система 𝑆 можно представить через теоретико-множественные представления элементов 𝑎𝑖 и отношений 𝑟𝑖 :



Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов.

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

**Элемент** — это неделимая часть системы с точки зрения текущей задачи анализа. Это может быть физический объект, процесс, человек или концептуальный объект. Элементами называют простейшие составляющие системы, которые нельзя разбить на более мелкие части без потери смысла для анализа. Одно и то же явление может быть элементом в одной системе и подсистемой в другой, в зависимости от контекста.

**Компоненты** — это совокупности однородных элементов, которые выполняют одну функцию внутри системы.

**Подсистема** — это относительно независимая часть системы, которая сама может рассматриваться как система, обладающая собственной целью и связями с другими подсистемами. Компоненты не всегда имеют подцель, в то время как подсистемы имеют свою локальную цель, которая согласуется с общей целью системы.

**Связь** — это зависимость между элементами, компонентами или подсистемами системы, обеспечивающая её целостность и функционирование. Связь определяет передачу ресурсов, информации или энергии между элементами. Характеристики связей: направленность (направленные, ненаправленные), сила (сильные, слабые), характер (подчинения, равноправия, управления). Она может быть структурной (статичной) или функциональной (динамичной).

**Структура** системы — это совокупность элементов и связей между ними, определяющих устройство и функционирование системы. Ключевые особенности структуры: определяет организацию системы, может включать иерархии, сетевые и другие формы взаимодействий, включает только наиболее существенные компоненты и связи, которые определяют её функционирование.

## 2 Меры информации в системе. Мера Р. Хартли. Мера К. Шеннона. Мера Харкевича

В системном анализе и теории информации важное место занимают меры, которые позволяют количественно оценить количество информации в системе. Эти меры используются для анализа сложности систем, оценки их структуры, а также для принятия решений в условиях неопределенности. Рассмотрим три основные меры информации: меру Р. Хартли, меру К. Шеннона и меру Харкевича.

**Мера Хартли** была предложена в 1928 году и применяется для оценки информации в случае равновероятных событий.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Мера Хартли предполагает, что все состояния системы равновероятны. Она измеряет информацию в битах, что соответствует двоичному логарифму. Эта мера используется для оценки количества информации, необходимого для идентификации одного состояния из множества возможных. Ограничения: мера Хартли не учитывает вероятности состояний, что делает её применимой только для систем с равновероятными исходами; она не учитывает неопределенность, связанную с неравномерным распределением вероятностей.

**Мера Шеннона**, предложенная Клодом Шенноном в 1948 году, является более общей и учитывает вероятности различных состояний системы. Она используется для измерения энтропии системы, которая характеризует степень неопределенности или хаоса в системе.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

**Основные принципы:**

* Мера Шеннона учитывает вероятности состояний, что делает её применимой для систем с неравномерным распределением вероятностей.
* Энтропия I достигает максимума, когда все состояния равновероятны, и уменьшается, когда некоторые состояния становятся более вероятными, чем другие.
* Энтропия Шеннона измеряется в битах и характеризует среднее количество информации, необходимое для описания состояния системы.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

**Мера Харкевича** расширяет подход Шеннона, учитывая не только количество информации, но и её ценность для получателя.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

**Основные принципы:**

* Мера Харкевича связывает информацию с её полезностью для решения конкретной задачи.
* Она учитывает, что информация может быть полезна только в том случае, если она уменьшает неопределенность, связанную с достижением цели.
* Эта мера используется в задачах управления, где важно оценить, насколько информация способствует принятию оптимального решения.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Основные аспекты роевых алгоритмов. Основные параметры роевых алгоритмов

Роевые алгоритмы (РА), также, как и эволюционные, используют популяцию особей – потенциальных решений проблемы и метод стохастической оптимизации, который навеян (моделирует) социальным поведением птиц или рыб в стае или насекомых в рое. Аналогично эволюционным алгоритмам здесь начальная популяция потенциальных решений также генерируется случайным образом и далее ищется оптимальное решение проблемы в процессе выполнения РА.

Алгоритм роя является методом численной оптимизации, поддерживающий общее количество возможных решений, которые называются частицами или агентами, и перемещая их в пространстве к наилучшему найденному в этом пространстве решению, всё время находящемуся в изменении из-за нахождения агентами более выгодных решений.

**Естественная мотивация**

Работы в области роевого интеллекта были инспирированы исследованиями разнообразных реальных колоний. Например, метод роя частиц основан на исследовании и моделировании коллективного поведения стай птиц, проведенного Крейгом Рейнольдсом. Целью этих исследований было построение реалистической анимации полета птиц. Особенностью поведения птичьих стай является то, что в них нет никакого единого центра управления, тем не менее вся стая демонстрирует весьма цельное поведение. Рейнольдсом были сформулированы три простых принципа, которых должна придерживаться каждая отдельная птица.

Изображение выглядит как зарисовка, рисунок, круг, искусство

Автоматически созданное описание

1) каждая птица старается не приближаться к другим птицам (или другим объектам) на расстояние меньше некоторой заданной величины;

2) каждая птица старается выбрать свой вектор скорости наиболее близким к среднему вектору скорости среди всех птиц в своей локальной окрестности;

3) каждая птица старается расположиться в геометрическом центре масс своей локальной окрестности.

Первый принцип предназначен для того, чтобы избежать столкновений среди птиц, второй — координирует скорость и направление полета, третий — заставляет каждую птицу не отрываться от стаи (а в идеале — расположится внутри стаи). Иногда эти принципы входят в противоречие друг с другом, в этих случаях целесообразно ввести приоритет отдельных правил и следовать правилам с наивысшим приоритетом.

Моделирование, основанное на перечисленных принципах, показывает весьма реалистическое поведение стай, способных, в частности, разделяться на несколько групп при встрече с препятствиями (домами, деревьями) и затем, спустя некоторое время, вновь соединяться в общую стаю.

Переход от моделирования коллективного поведения к коллективной оптимизации основан на следующей биологической идее: организмы объединяются в колонии для улучшения своих условий существования — каждый организм в колонии в среднем имеет больше шансов на выживание в борьбе с хищниками, колония может более эффективно производить поиск, обработку и хранение пищи по сравнению с отдельными особями и т. д. Другими словами любая колония организмов в течение всего времени своего существования с той или иной степенью эффективности решает различные оптимизационные задачи, чаще всего — многокритериальные (например, максимизация количества пищи с одновременной минимизацией потерь от хищников).

**Основной роевой алгоритм**

РА использует рой частиц, где каждая частица представляет потенциальное решение проблемы. Поведение частицы в гиперпространстве поиска решения все время подстраивается в соответствии со своим опытом и опытом своих соседей. Кроме этого, каждая частица помнит свою лучшую позицию с достигнутым локальным лучшим значением целевой (фитнесс-) функции и знает наилучшую позицию частиц - своих соседей, где достигнут глобальный на текущий момент оптимум. В процессе поиска частицы роя обмениваются информацией о достигнутых лучших результатах и изменяют свои позиции и скорости по определенным правилам на основе имеющейся на текущий момент информации о локальных и глобальных достижениях. При этом глобальный лучший результат известен всем частицам и немедленно корректируется в том случае, когда некоторая частица роя находит лучшую позицию с результатом, превосходящим текущий глобальный оптимум. Каждая частица сохраняет значения координат своей траектории с соответствующими лучшими значениями целевой функции, которая отражает когнитивную компоненту. Аналогично значение глобального оптимума, достигнутого частицами роя, которое отражает социальную компоненту. Таким образом, каждая частица роя подчиняется достаточно простым правилам поведения, которые учитывают локальный успех каждой особи и глобальный оптимум всех особей (или некоторого множества соседей) роя.

Алгоритм формально состоит из следующих ключевых шагов:

1. Создание роя частиц.
2. Нахождение лучшего решения для каждой частицы.
3. Нахождение лучшего решения для всех частиц.
4. Коррекция скорости каждой частицы (Формула 1.3.5).
5. Перемещение каждой частицы (Формула 1.3.4).
6. Завершение работы, если критерий останова выполнен, иначе возврат к пункту номер два.

Начальная популяция состоит из N частиц. Каждая частица описывается вектором координат и вектором скоростей (Формула 1.3.1).

(1.3.1)

где x – координата частицы в гиперпространстве;

j – номер частицы;

k – номер итерации алгоритма;

i – номер координаты;

v – скорость координаты;

N – общее количество частиц;

n – количество измерений.

Лучшее решение для j-й частицы на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.2.

(1.3.2)

Лучшее решение для всех частиц на итерациях обозначено в соответствии с Формулой 1.3.3.

(1.3.3)

Перемещение частицы осуществляется в соответствии с Формулой 1.3.4.

(1.3.4)

Вектор скорости управляет процессом поиска решения и его компоненты определяются с учетом когнитивной и социальной составляющей. На каждой итерации для j-й частицы i-я компонента скорости определяется в соответствии с Формулой 1.3.5.

(1.3.5)

где – подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска;

– подбираемый положительный коэффициент ускорения;

– случайное число из диапазона [0;1], которое вносит элемент случайности в процесс поиска.

**Основные аспекты роевых алгоритмов**

Обычно позиции частиц инициализируются таким образом, чтобы пространство поиска покрывалось равномерно. Следует отметить, что эффективность РА существенно зависит от начального разнообразия множества потенциальных решений, то есть от того, как первоначально покрыто пространство поиска и как распределены частицы в нем. Если некоторые области пространства поиска не покрыты начальным роем, то РА будет трудно найти оптимум в том случае, когда он расположен в не охваченном участке. В этом случае РА может найти такой оптимум благодаря моменту частицы, который может направить ее в неисследованную область.

Начальные скорости частиц при этом можно положить нулевыми 𝑣𝑖(0) = 0. В другом варианте начальные скорости можно инициализировать случайными значениями из некоторого диапазона, но делать это необходимо осторожно. Случайная инициализация позиций частиц уже определяет начальное движение в случайных направлениях. Если, однако, выполняется случайная инициализация скоростей, то их значения не должны быть слишком большими, чтобы частицы не вышли из «зоны интереса», что может существенно ухудшить сходимость.

Следующий аспект РА касается условия останова процесса поиска решения, где необходимо учитывать следующее:

* критерий не должен вызывать преждевременной сходимости РА в локальных оптимумах;
* критерий должен предотвращать чрезмерно большие вычисления вследствие частой оценки фитнесс-функции частиц.

В настоящее время предложен ряд критериев останова, основными из которых являются следующие.

Останов по максимальному числу итераций (при превышении заданного порога). Очевидно, что в случае малого порога числа итераций процесс может остановиться до того, как будет найдено хорошее решение. Это критерий обычно используется совместно с критерием сходимости. Данный критерий полезен, когда необходимо за ограниченное заданное время найти лучшее решение.

Останов по найденному приемлемому решению.

Останов по отсутствию улучшения решения за заданное число итераций.

Останов при стремлении нормализованного радиуса роя к нулю.

**Основные параметры роевых алгоритмов**

Эффективность РА зависит от ряда параметров, к которым относятся: размерность задачи, число частиц, коэффициенты ускорения, вес инерции, тип и размер соседнего окружения, число итераций, коэффициенты, определяющие вклад когнитивной и социальной компонент. В случае наложения ограничений на возможные скорости частиц необходимо также определить максимальное значения и некоторые коэффициенты. Далее рассмотрим основные параметры РА.

Размер роя, число частиц 𝑛𝑠 , играет большую роль: чем больше частиц, тем больше разнообразие потенциальных решений (при хорошей схеме инициализации, обеспечивающей однородное распределение частиц). Большое число частиц позволяет покрыть большую часть пространства поиска за итерацию. С другой стороны, большое число частиц повышает вычислительную сложность итерации и при этом РА может выродиться в случайный параллельный поиск.

Размер соседнего окружения определяет степень влияния социальной компоненты в локальных РА. Чем меньше соседей у частицы, тем меньше ее взаимодействие с окружением. Малый размер определяет малую скорость сходимости, но дает большую надежность поиска оптимума. Чем меньше размер окружения, тем меньше чувствительность к локальным экстремумам.

Число итераций, обеспечивающее нахождение хорошего решения, зависит от решаемой задачи. При малом числе процесс поиска может не успеть сойтись. С другой стороны, большое число итераций, естественно, повышает вычислительную сложность.

# Экзаменационный билет №8

## 1 Понятие «Система». Кибернетические представления системы и их формальный вид. Понятия учитывающее свойства системы. Группы свойств

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

1. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров]. Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на **три группы**:

* **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению данного элемента системы;
* **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;
* **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

## 2 Системно-деятельностный подход. Категориальная схема акта деятельности

**Системно-деятельностный подход** (СДП) — это методологическая основа, которая рассматривает деятельность как систему, состоящую из взаимосвязанных элементов, и изучает её с точки зрения целостности, структуры и функций. Этот подход широко применяется в психологии, педагогике, управлении и других науках, где важно понимать, как человек или группа людей организуют свою деятельность для достижения целей.

**Категориальная схема акта деятельности** — это модель, которая описывает структуру деятельности, её основные компоненты и взаимосвязи между ними. Она включает следующие элементы:

* **Субъект деятельности**. Это тот, кто осуществляет деятельность (человек, группа, организация). Субъект обладает мотивами, целями, знаниями, навыками и опытом, которые определяют характер его деятельности.
* **Объект деятельности**. Это то, на что направлена деятельность (предмет, процесс, явление). Объект может быть материальным (например, инструмент) или идеальным (например, задача).
* **Цель деятельности**. Это осознанный образ желаемого результата, который субъект стремится достичь. Цель определяет направленность деятельности и её содержание.
* **Мотив деятельности**. Это внутреннее побуждение, которое направляет деятельность субъекта. Мотивы могут быть осознанными (например, желание достичь успеха) или неосознанными (например, потребность в безопасности).
* **Действия**. Это отдельные акты деятельности, направленные на достижение промежуточных целей. Действия могут быть внешними (физическими) или внутренними (умственными).
* **Средства деятельности**. Это инструменты, методы, технологии, которые используются для достижения цели. Средства могут быть материальными (например, компьютер) или идеальными (например, алгоритм).
* **Результат деятельности**. Это итог деятельности, который может совпадать или не совпадать с целью. Результат оценивается с точки зрения его соответствия поставленной цели.
* **Обратная связь**. Это процесс оценки результатов деятельности и их корректировки. Обратная связь позволяет субъекту адаптировать свою деятельность к изменяющимся условиям.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, документ, Шрифт

Автоматически созданное описание

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Алгоритм имитации отжига

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

# Экзаменационный билет №9

## 1 Понятие «Система». Определения, учитывающие цель, среду, интервал времени, наблюдателя

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].
2. **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единство, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С.Тюхтин]. Функциональные свойства определяется целью системы 𝑍. Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются.



Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

1. **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].
2. **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

1. **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель 𝑁.

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.



Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

## 2 Структура системы. Виды структур. Слои. Страты. Эшелон

Структура - отражение определенных взаимосвязей, взаиморасположения составных частей системы, ее устройства (строения).

Система может быть представлена простым перечислением элементов, или «черным ящиком» (моделью «вход - выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такое представление недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нем обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых результатов. В этих случаях систему отображают путем расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие структуры.

В предельном случае, когда пытаются применить понятие структуры к простым, полностью детерминированным объектам, понятия структуры и системы совпадают.

**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).

Структуры могут быть представлены в матричной форме, в форме теоретико-множественных описаний, с помощью языка топологии, алгебры и других средств моделирования систем. Структуры, особенно иерархические, могут помочь в раскрытии неопределенности сложных систем. Иными словами, структурные представления систем могут являться средством их исследования.

**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.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

**Страты**. При отображении сложных систем основная проблема состоит в том, чтобы найти компромисс между простотой описания, позволяющей составить и сохранять целостное представление об исследуемом или проектируемом объекте, и детализацией описания, позволяющей отразить многочисленные особенности конкретного объекта. Один из путей решения этой проблемы – задание системы семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования.

Для каждого уровня существуют характерные особенности, законы и принципы, с помощью которых описывается поведение системы на этом уровне. Такое представление названо стратифицированным, а уровни абстрагирования – стратами.

В качестве простейшего примера стратифицированного описания в приводится отображение ЭВМ в виде двух страт: нижняя - физические операции (система описывается на языке физических законов, управляющих работой и взаимодействием ее механических и электронных элементов), верхняя – математические и логические операции (программирование и реализация программ, осуществляемые с помощью абстрактных, нефизических понятий, информационные потоки, команды языков программирования и т.п.).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание

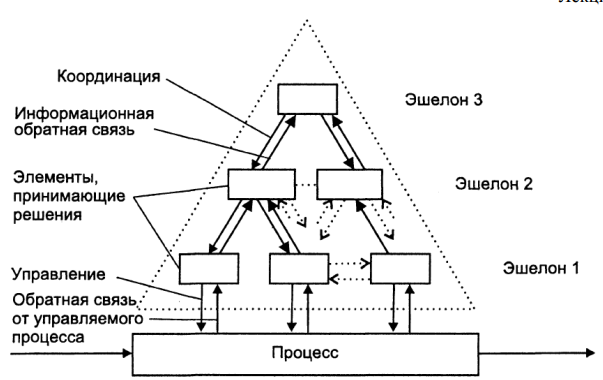
При этом отмечается, что в принципе может представлять интерес описание системы (ЭВМ) и на других уровнях абстрагирования, помимо названных двух основных. При конструировании некоторых электронных компонентов может представить интерес страта атомной физики, а при разработке сложного программного обеспечения систем с разделением времени – системная страта.

Стратифицированное представление может использоваться и как средство последовательного углубления представления о системе (рис. 3), ее детализации: чем ниже опускаемся по иерархии страт, тем более детальным становится раскрытие системы; чем выше поднимаемся, тем яснее становятся смысл и значение всей системы. Объяснить назначение системы с помощью элементов нижней страты в сложных системах практически невозможно.

Начинать изучение системы можно с любой страты, в том числе и находящейся в середине стратифицированной модели. На каждой страте могут разрабатываться и применяться свои модели, но система сохраняется до тех пор, пока не изменяется представление о ней на верхней страте, т.е. сохраняется концепция, замысел, которые раскрываются, детализируются в стратифицированной модели на каждом уровне.

**Эшелон**. В этой теории понятие многоэшелонной иерархической структуры вводится следующим образом: система представляется в виде относительно независимых, взаимодействующих между собой подсистем; при этом некоторые (или все) подсистемы имеют право принятия решений, а иерархическое расположение подсистем (многоэшелонная структура) определяется тем, что некоторые из них находятся под влиянием или управляются вышестоящими. Уровень такой иерархии называют эшелоном.

Основной отличительной особенностью многоэшелонной структуры является предоставление подсистемам всех уровней определенной свободы в выборе их собственных решений, причем эти решения могут быть (но не обязательно) не теми решениями, которые бы выбрал вышестоящий уровень.



Подсистемам предоставляется определенная свобода и в выборе целей. Поэтому многоэшелонные структуры называют также многоцелевыми.

В таких системах могут быть использованы разные способы принятия решений. Естественно, что при предоставлении прав самостоятельности в принятии решений подсистемы могут формировать взаимно противоречащие («конфликтные») цели и решения, что затрудняет управление, но является в то же время одним из условий повышения эффективности функционирования системы. Разрешение конфликтов достигается вмешательством вышестоящего эшелона. Управляющие воздействия для разрешения этих противоречий со стороны вышестоящих уровней иерархии могут быть разной силы.

В зависимости от принятых принципов («конфликты» или «коалиции»), силы и форм вмешательства вышестоящих эшелонов в дела нижележащих процесс принятия решения может происходить по-разному, т.е. по-разному может быть организована система управления принятием решений. Поэтому многоэшелонные, многоцелевые иерархические структуры называют в также организационной иерархией.

Отношения, подобные принятым в эшелонированных структурах, реализуются в практике управления в форме так называемых холдинговых структур, или холдингов.

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Больцмановский отжиг

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

**Больцмановский отжиг**

Изображение выглядит как текст, линия, График, диаграмма

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №10

## 1 Понятие «Система». Большая система. Подсистема. Построение большой системы

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».
2. Система, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].
3. В самом общем случае понятие «система» характеризуется: 1. наличием множества элементов; 2. наличием связей между ними; 3. целостным характером данного устройства или процесса [В. Н. Спицнадель].
4. Система есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг]. В формальном виде данную группу определений термина система 𝑆 можно представить через теоретико-множественные представления элементов 𝑎𝑖 и отношений 𝑟𝑖 :



Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов.

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

1. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров]. Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на три группы:

* **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению данного элемента системы;
* **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;
* **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

1. **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].
2. **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единство, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С.Тюхтин]. Функциональные свойства определяется целью системы 𝑍. Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются.



Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

1. **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].
2. **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

1. **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель 𝑁.

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.



Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

Вначале термины «**большая система**» использовался для обозначения мерности состава систем для задач классификации. Например, считалось, что:

− малые системы – 10 … 10\*\*3 элементов;

− большие системы – 10\*\*4 … 10\*\*7 элементов:

− ультрабольшие – 10\*\*8 … 10\*\*30 элементов;

− суперсистемы – 10\*\*31 …10\*\*200 элементов.

Однако данный аспект относится больше к построению интегральных схем в рамках направления вычислительной техники (расположение элементов на кристалле). Поэтому в системном анализе определение большой системы считается не целесообразным.

Большая система – это система, которая не может рассматриваться иначе как в качестве совокупности априорно выделенных подсистем [Ю. И. Черняк].

Большие системы – это такие системы, в которых число состояний, определяемых состоянием элементов или взаимосвязями между элементами, комбинаторно велико или несчетно. Это обстоятельство существенно характеризует специфику свойств большой системы и накладывает ряд ограничений в процессе ее исследования. Понятие «комбинаторно» следует определять как наличие в системе многообразия комбинаций связей и вариантов отношений между элементами, которые могут динамично изменять их состояние.

Изображение выглядит как диаграмма, линия, текст

Автоматически созданное описание

Для исследования больших систем требуются специфические методы исследования на основе синтеза. Одним из таких методов является метод декомпозиции системы, разбиение ее на достаточно определенные подсистемы и установление тех элементов, которые определяют взаимосвязь посредством хотя бы одного общего ресурса (средства) обмена информацией или веществом.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, диаграмма

Автоматически созданное описание

Построенная структура является иерархической, которая включает два уровня, подсистемы низших уровней S1 и S2 , которые входят в состав структуры более высокого уровня S, на основании связи (rА1А2).

Если объект исследования не удается разбить на подобъекты (подсистемы), т.е. невозможно представить его как большую систему, то предлагается рассматривать такую систему как сложную.

## 2 Структура системы. Виды структур. Страты. Эшелон. Смешанные иерархические структуры

Структура - отражение определенных взаимосвязей, взаиморасположения составных частей системы, ее устройства (строения).

Система может быть представлена простым перечислением элементов, или «черным ящиком» (моделью «вход - выход»). Однако чаще всего при исследовании объекта такое представление недостаточно, так как требуется выяснить, что собой представляет объект, что в нем обеспечивает выполнение поставленной цели, получение требуемых результатов. В этих случаях систему отображают путем расчленения на подсистемы, компоненты, элементы с взаимосвязями, которые могут носить различный характер, и вводят понятие структуры.

В предельном случае, когда пытаются применить понятие структуры к простым, полностью детерминированным объектам, понятия структуры и системы совпадают.

**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).

Структуры могут быть представлены в матричной форме, в форме теоретико-множественных описаний, с помощью языка топологии, алгебры и других средств моделирования систем. Структуры, особенно иерархические, могут помочь в раскрытии неопределенности сложных систем. Иными словами, структурные представления систем могут являться средством их исследования.

**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.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

**Страты**. При отображении сложных систем основная проблема состоит в том, чтобы найти компромисс между простотой описания, позволяющей составить и сохранять целостное представление об исследуемом или проектируемом объекте, и детализацией описания, позволяющей отразить многочисленные особенности конкретного объекта. Один из путей решения этой проблемы – задание системы семейством моделей, каждая из которых описывает поведение системы с точки зрения соответствующего уровня абстрагирования.

Для каждого уровня существуют характерные особенности, законы и принципы, с помощью которых описывается поведение системы на этом уровне. Такое представление названо стратифицированным, а уровни абстрагирования – стратами.

В качестве простейшего примера стратифицированного описания в приводится отображение ЭВМ в виде двух страт: нижняя - физические операции (система описывается на языке физических законов, управляющих работой и взаимодействием ее механических и электронных элементов), верхняя – математические и логические операции (программирование и реализация программ, осуществляемые с помощью абстрактных, нефизических понятий, информационные потоки, команды языков программирования и т.п.).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, линия, Шрифт

Автоматически созданное описание

При этом отмечается, что в принципе может представлять интерес описание системы (ЭВМ) и на других уровнях абстрагирования, помимо названных двух основных. При конструировании некоторых электронных компонентов может представить интерес страта атомной физики, а при разработке сложного программного обеспечения систем с разделением времени – системная страта.

Стратифицированное представление может использоваться и как средство последовательного углубления представления о системе (рис. 3), ее детализации: чем ниже опускаемся по иерархии страт, тем более детальным становится раскрытие системы; чем выше поднимаемся, тем яснее становятся смысл и значение всей системы. Объяснить назначение системы с помощью элементов нижней страты в сложных системах практически невозможно.

Начинать изучение системы можно с любой страты, в том числе и находящейся в середине стратифицированной модели. На каждой страте могут разрабатываться и применяться свои модели, но система сохраняется до тех пор, пока не изменяется представление о ней на верхней страте, т.е. сохраняется концепция, замысел, которые раскрываются, детализируются в стратифицированной модели на каждом уровне.

**Эшелон**. В этой теории понятие многоэшелонной иерархической структуры вводится следующим образом: система представляется в виде относительно независимых, взаимодействующих между собой подсистем; при этом некоторые (или все) подсистемы имеют право принятия решений, а иерархическое расположение подсистем (многоэшелонная структура) определяется тем, что некоторые из них находятся под влиянием или управляются вышестоящими. Уровень такой иерархии называют эшелоном.

Основной отличительной особенностью многоэшелонной структуры является предоставление подсистемам всех уровней определенной свободы в выборе их собственных решений, причем эти решения могут быть (но не обязательно) не теми решениями, которые бы выбрал вышестоящий уровень.

Изображение выглядит как диаграмма, План, Технический чертеж, линия

Автоматически созданное описание

Подсистемам предоставляется определенная свобода и в выборе целей. Поэтому многоэшелонные структуры называют также многоцелевыми.

В таких системах могут быть использованы разные способы принятия решений. Естественно, что при предоставлении прав самостоятельности в принятии решений подсистемы могут формировать взаимно противоречащие («конфликтные») цели и решения, что затрудняет управление, но является в то же время одним из условий повышения эффективности функционирования системы. Разрешение конфликтов достигается вмешательством вышестоящего эшелона. Управляющие воздействия для разрешения этих противоречий со стороны вышестоящих уровней иерархии могут быть разной силы.

В зависимости от принятых принципов («конфликты» или «коалиции»), силы и форм вмешательства вышестоящих эшелонов в дела нижележащих процесс принятия решения может происходить по-разному, т.е. по-разному может быть организована система управления принятием решений. Поэтому многоэшелонные, многоцелевые иерархические структуры называют в также организационной иерархией.

Отношения, подобные принятым в эшелонированных структурах, реализуются в практике управления в форме так называемых холдинговых структур, или холдингов.

**Смешанные иерархические структуры** бывают с вертикальными и горизонтальными связями.

Изображение выглядит как зарисовка, рисунок, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

В реальных системах организационного управления (особенно на уровне региона, государства) может быть использовано одновременно несколько видов иерархических структур - от древовидных до многоэшелонных. Такие структуры назвали смешанными. При этом основой объединения структур могут служить страты, и поэтому в принципе можно считать их развитием стратифицированного представления.

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Отжиг Коши (быстрый отжиг)

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

**Отжиг Коши**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №11

## 1 Понятие «Система». Материальность или нематериальность системы. Система и среда. Выбор определения системы

Можно считать, что понятие «система» возникло в древнем мире, когда Аристотель обратил внимание на то, что целое (т.е. система) несводимо к сумме частей, его образующих.

Потребность в использовании этого термина возникает в тех случаях, когда невозможно что-то продемонстрировать, изобразить, представить математическим выражением и нужно подчеркнуть, что это будет большим, сложным, не полностью сразу понятным (с неопределенностью), при этом целым, единым, большим. Другими словами, это своего рода абстракция.

Существует несколько множество определений этого понятия. Различие путей определения системы обуславливается характером системного исследования, в рамках которого вводится понятие системы. Их анализ показывает, что определение понятия система изменялось не только по форме, но и по содержанию. Рассмотрим основные и принципиальные изменения, которые происходили с определением системы по мере развития системных исследований и использования этого понятия на практике.

Самое экзотичное на мой взгляд и быстро запоминающееся – это определение Клира: «Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему».

1. Л. фон Берталанфи определял систему как «комплекс взаимодействующих компонентов» или «совокупность элементов, находящихся в определенных отношениях друг с другом и со средой».
2. Система, совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определенную целостность, единство [Философский энциклопедический словарь].
3. В самом общем случае понятие «система» характеризуется: 1. наличием множества элементов; 2. наличием связей между ними; 3. целостным характером данного устройства или процесса [В. Н. Спицнадель].
4. Система есть совокупность или множество связанных между собой компонентов [Джон ван Гиг]. В формальном виде данную группу определений термина система 𝑆 можно представить через теоретико-множественные представления элементов 𝑎𝑖 и отношений 𝑟𝑖 :



Отметим, что термины «элементы» - «компоненты» и «связи» - «отношения» обычно используются как синонимы (особенно в переводах определений). Однако, строго говоря, «компоненты» - понятие более общее, чем «элементы», оно может означать совокупность элементов.

**Элемент** – неделимая часть системы, обладающая самостоятельностью по отношению к данной системе.

**Связь** – совокупность зависимостей свойств одного элемента от свойств других элементов системы. Установить связь между двумя элементами – значит выявить наличие зависимостей их свойств.

Элементы системы представляют собой части пространства, между которыми существуют определенные связи (отношения).

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

1. **Система** – в современном языке – есть устройство, которое принимает один или более входов и генерирует один или более выходов [Р. Дреник].
2. **Система** представляет собой отображение входов Х и состояний объекта в его выходах 𝑌: 𝑆 ⊂ Х × 𝑌 [М. Месарович].

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Таким образом, входы и выходы связывают систему с окружающей средой. Через входы действуют стимулы внешней среды. Реакции системы осуществляются через выходы.

1. **Система** есть множество предметов вместе со связями между предметами и между их признаками [А. Холл].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

Однако свойства системы хотя и зависят от свойств элементов, но не определяются ими полностью.

1. Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из её компонентов [О. Ф. Шабров]. Существование интегративных свойств элементов не дает возможность познать все свойства системы в целом. Все свойства элемента делятся на три группы:

* **атрибутивные** – нейтральны к функциональному предназначению данного элемента системы;
* **дисфункциональные** – наносят какой-то другой ущерб целостности системы;
* **функциональные** – способствуют выполнению им его функции в системе. Определение функциональных свойств элемента системы является одной из первых задач ее анализа или проектирования.

1. **Системой** можно назвать только комплекс таких избирательно вовлеченных компонентов, у которых взаимодействия и взаимоотношения принимают характер взаимосодействия компонентов для получения фокусированного полезного результата [П.К. Анохин].
2. **Система** есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающими вполне определенными свойствами; это множество характеризуется единство, которое выражается в интегральных свойствах и функциях множества [В. С.Тюхтин]. Функциональные свойства определяется целью системы 𝑍. Соответственно элементы и функции, не помогающие достижению цели, мысленно устраняются.



Эти дефиниции не являются универсальной для всех определений систем, а только для тех, в которых можно безошибочно определить цель. Поэтому необходимо определить условия образования цели, в рамках которой существует система.

1. **Система** состоит из элементов и связей между ними, определяется множеством состояний, взаимодействует со средой, ее поведение определяется заложенной целью и законами функционирования, обеспечивающими достижение этой цели [Л. С. Болотова].
2. **Система** есть конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделяемое из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенного временного интервала [Сагатовский В. Н.].

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, линия

Автоматически созданное описание

1. **Система** есть способ использования субъектом (конструктором, эксплуатационником) свойств объектов и отношений между ними в решении задачи проектирования, эксплуатации или управления [Ю. И. Черняк].

Для получения необходимых знаний о системе вводится субъект исследования – наблюдатель 𝑁.

**Наблюдатель** – это обобщающее название исследователя, проектировщика, конструктора, лица, принимающего решения (ЛПР), коллектива ЛПР и других аналогичных субъектов, изучающих, создающих систему или управляющих ею.



Наблюдатель производит структуризацию объекта исследования и строит его подсистемы.

**Подсистема** – элемент системы, который при подробном рассмотрении оказывается системой.

Деятельность наблюдателя разделяет системы на большие и сложные системы. Однако эти понятия введены не с целью классификации систем, а чтобы выделить способ рассмотрения поведения управляемых систем с учетом всего многообразия протекающих в них явлений.

**Материальность систем**

В период становления теории систем довольно часто возникали дискуссии о том, материальны или нематериальны системы. С одной стороны, стремясь подчеркнуть материальность систем, некоторые исследователи в своих определениях заменяли термин элемент терминами вещь, объект, предмет; и хотя последние можно трактовать и как абстрактные объекты или предметы исследования, все же авторы этих определений явно хотели обратить внимание на овеществленность, материальность системы. С другой стороны, в определениях С. Оптнера («система есть средство, с помощью которого выполняется процесс решения проблемы») и Ю. И. Черняка («система есть способ решения проблемы», а системное мышление — это «способность находить простое в сложном»), систему можно трактовать только как отображение, т.е. как нечто, существующее лишь в сознании исследователя, конструктора.

Любой специалист, понимающий закономерности теории отражения, должен, казалось бы, возразить: но ведь очевидно, что замысел будет существовать в материальном воплощении, а для задач принятия решений важно акцентировать внимание на том, что понятие системы может быть средством исследования проблемы, решения задачи. Тем не менее, упомянутые определения подвергались критике со стороны приверженцев материальности систем, особенно философов. Бессмысленность спора о материальности и нематериальности системы показал В. Г. Афанасьев.

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, диаграмма

Автоматически созданное описание

Наряду с приведенным выше определением дается следующее: система — «объективное единство закономерно связанных друг с другом предметов, явлений, а также знаний о природе и обществе», т.е. подчеркивается, что понятие элемента (а следовательно, и системы) можно применять как к существующим, материально реализованным предметам, так и к знаниям об этих предметах или о будущих их реализациях.

**Система и среда**

Частным случаем выделения системы из среды является определение ее через входы и выходы, посредством которых система общается со средой. В кибернетике и теории систем такое представление системы называют черным ящиком.

«...среда есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы».

Выделяет систему из среды наблюдатель, который отделяет (отграничивает) элементы, включаемые в систему, от остальных, т.е. от среды, в соответствии с целями исследования (проектирования) или предварительного представления о проблемной ситуации.

При этом возможны три варианта положения наблюдателя, который может:

1) отнести себя к среде и, представив систему как полностью изолированную от среды, строить замкнутые модели (в этом случае среда не будет играть роли при исследовании модели, хотя может влиять на ее формирование);

2) включить себя в систему и моделировать ее с учетом своего влияния и влияния системы на свои представления о ней (ситуация, характерная для экономических систем);

3) выделить себя из системы и из среды и рассматривать систему как открытую, постоянно взаимодействующую со средой, учитывая этот факт при моделировании. В последнем случае практически невозможно учесть все объекты, не включенные в систему и отнесенные к среде; их множество необходимо сузить с учетом цели исследования, точки зрения наблюдателя (ЛПР) путем анализа взаимодействия системы со средой, включив этот «механизм» анализа в методику моделирования.

Уточнение или конкретизация определения системы в процессе исследования влечет за собой соответствующее уточнение ее взаимодействия со средой и определения среды. В этой связи важно прогнозировать состояние не только системы, но и среды. В последнем случае следует учитывать неоднородность среды, наряду с естественно-природной средой существуют искусственные — техническая среда созданных человеком машин и механизмов, экономическая, информационная, социальная среда.

Уточнение или конкретизация определения системы в процессе исследования влечет за собой соответствующее уточнение ее взаимодействия со средой и определения среды. В этой связи важно прогнозировать состояние не только системы, но и среды. В последнем случае следует учитывать неоднородность среды, наряду с естественно-природной средой существуют искусственные — техническая среда созданных человеком машин и механизмов, экономическая, информационная, социальная среда.

**Выбор определения системы**

Рассматривая различные определения системы и их эволюцию и не выделяя ни одно из них в качестве основного, я стремился не только показать сложность краткого определения таких (обычно интуитивно постигаемых) понятий, как система, но и помочь Вам, как будущим специалистам, осознать тот факт, что на разных этапах представления объекта в виде системы, в различных конкретных ситуациях можно пользоваться разными определениями. Причем по мере уточнения представлений о системе или при переходе на другую страту ее исследования определение системы не только может, но и должно быть уточнено. Более полное определение, включающее и элементы, и связи, и цель, и наблюдателя, а иногда и его «язык» отображения системы, помогает поставить задачу, наметить основные этапы методики системного анализа. Так, в организационных системах, если не определить лицо, компетентное принимать решения, то можно и не достичь цели, ради которой создается система. Но есть системы, для которых наблюдатель очевиден. Иногда не нужно даже в явном виде использовать понятие цели.

Таким образом, при проведении системного анализа нужно прежде всего отобразить ситуацию с помощью как можно более полного определения системы, а затем, выделив наиболее существенные компоненты, влияющие на принятие решения, сформулировать «рабочее» определение, которое может уточняться, расширяться или сужаться в зависимости от хода анализа.

Выбор определения системы отражает принимаемую концепцию и является фактически началом моделирования. Поэтому с самого начала целесообразно представлять определения в символической форме, способствующей однозначному пониманию ее всеми участниками разработки или исследования системы.

## 2 Сравнительный анализ структур систем. Собственная, системная и взаимная сложность. Относительная связность и свобода элементов системы. Примеры

При выборе структуры для представления конкретной системы следует учитывать их особенности и возможности.

Сетевые структуры используются в тех случаях, когда систему удается отобразить через описание материальных и информационных процессов, происходящих в ней, т.е. представить последовательностью изготовления изделий, прохождения документов и т.д. Это предпочтительное представление во времени и процессов проектирования новых систем. Однако такое представление практически невозможно для сложных технических комплексов, особенно при проектировании организационных систем управления. В этих случаях вначале используют расчленение системы в пространстве, т.е. представление ее различными видами иерархических структур. Наиболее предпочтительно получение древовидной структуры, которая более четко отражает взаимоотношения между компонентами системы. Такое представление предпочтительно при организации производства сложных технических комплексов: древовидное расчленение изделия позволяет определить основные структурные единицы (цехи, участки и т.п.) производственной структуры, уточнение взаимодействия между которыми затем ведется с помощью сетевых структур.

В организационных системах взаимоотношения между структурными единицами организационной структуры гораздо более сложны. Их не всегда удается сразу отобразить с помощью древовидной структуры. Используются иерархии со «слабыми связями», матричные структуры, а для сложных корпораций - многоуровневые структуры типа страт, эшелонов, смешанные структуры с вертикальными и горизонтальными связями.

От вида структур зависит важная характеристика любой системы - степень ее целостности, устойчивости. Для сравнительного анализа структур используются информационные оценки степени целостности α и коэффициента использования компонентов системы β, которые могут интерпретироваться как оценки устойчивости оргструктуры при предоставлении свободы элементам или как оценки степени централизации-децентрализации управления в системе. Эти оценки получены из соотношения, определяющего взаимосвязь системной Сс, собственной Со и взаимной Св сложности системы:

Сс = Со + Св

Собственная сложность Со 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 Сс представляет содержание системы как целого (например, сложность ее использования).

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

Соотношение (1) позволяет указать на взаимное содержание Св как на непосредственный носитель целостности. Системы можно сравнивать между собой по всем видам сложности. Можно говорить о различной сложности системы в целом. Можно сравнивать суммарные возможности элементов разных систем, сопоставлять как бы общую сложность конструкций, оценивая Св.

Разумеется, эти оценки нужно рассматривать как относительные. Взятые сами по себе, они ни о чем не говорят. Иными словами, оценки Сс , Со , Св и другие информационные оценки применимы лишь для сравнительного анализа систем, их элементов, структур, конструкций и т.п.

При различной сложности элементных баз сравнительный анализ с использованием оценок Св может дать неверный результат, поскольку Св простой схемы (структуры) с большим числом элементов может оказаться таким же, как у сложной схемы (структуры) с малым числом элементов, но с сильными и сложными связями между ними. Поэтому удобнее пользоваться относительными характеристиками, приведенными к единице сложности элементной базы.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, число

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, Шрифт, диаграмма, линия

Автоматически созданное описание

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Сверхбыстрый отжиг

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

**Сверхбыстрый отжиг**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, число

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №12

## 1 Система и ее свойства. Статические свойства систем. Целостность. Открытость. Внутренняя неоднородность систем, различимость частей. Структурированность

Статическими свойствами называются особенности некоторого состояния системы. Это-то чем обладает система в любой фиксированный момент времени.

**Целостность**. Всякая система выступает как нечто единое, целое, обособленное, отличающееся от всего остального. Это свойство называется целостностью системы. Оно позволяет разделить весь мир на две части: систему и окружающую среду.

**Открытость**. Выделяемая, отличаемая от всего остального система не изолирована от окружающей среды. Наоборот, они связаны и обмениваются различными видами ресурсов (веществом, энергией, информацией и т.д.). Эта особенность обозначается термином «открытость».

Связи системы со средой носят направленный характер: по одним среда влияет на систему (входы системы), по другим система оказывает влияние на среду, что-то делает в среде, что-то выдаёт в среду (выходы системы). Описание входов и выходов системы называется моделью чёрного ящика.

В такой модели отсутствует информация о внутренних особенностях системы. Несмотря на кажущуюся простоту, такой модели зачастую вполне достаточно для работы с системой. Во многих случаях при управлении техникой или людьми информация только о входах и выходах системы позволяет успешно достигать цели. Однако для этого модель должна отвечать определённым требованиям.

Для успешного управления модель должна содержать всю информацию, необходимую для достижения цели. При попытке удовлетворить это требование может возникнуть четыре типа ошибок, которые проистекают из того, что модель всегда содержит конечное число связей, тогда как у реальной системы количество связей неограниченно.

Ошибка первого рода возникает в том случае, когда субъект ошибочно

рассматривает связь как существенную и принимает решение о её включении в

модель. Это приводит к появлению в модели лишних, ненужных элементов.

Ошибка второго рода, напротив, совершается тогда, когда принимается решение об исключении из модели якобы несущественной связи, без которой, на самом деле, достижение цели затруднено или вообще невозможно.

Ошибкой третьего рода принято считать последствия незнания. Для того, чтобы оценивать существенность некоторой связи, нужно знать, что она вообще есть. Если это неизвестно, то вопрос о включении связи в модель вообще не стоит. В том случае, если такая связь несущественна, то на практике её наличие в реальности и отсутствие в модели будет незаметно. Если же связь существенна, то возникнут трудности, аналогичные трудностям при ошибке второго рода.

Ошибка четвёртого рода возникает при ошибочном отнесении известной существенной связи к числу входов или выходов системы.

**Внутренняя неоднородность систем, различимость частей**. Если заглянуть внутрь «чёрного ящика», то выяснится, что система неоднородна, не монолитна. Можно обнаружить, что различные качества в разных частях системы отличаются. Описание внутренней неоднородности системы сводится к обособлению относительно однородных участков, проведению границ между ними. Так появляется понятие о частях системы. При более детальном рассмотрении оказывается, что выделенные крупные части тоже неоднородны, что требует выделять ещё более мелкие части. В результате получается иерархическое описание частей системы, которое называется моделью состава.

Во-первых, целое можно делить на часть по-разному. При этом способ деления определяется поставленной целью. Например, состав автомобиля по разному представляют начинающим автолюбителям, будущим профессиональным водителям, слесарям, готовящимся к работе в автосервисе, продавцам в автомагазинах.

Во-вторых, количество частей в модели состава зависит и от того, на каком уровне остановить дробление системы. Части на конечных ветвях получающегося иерархического дерева называются элементами. В различных обстоятельствах прекращение декомпозиции производится на разных уровнях.

В-третьих, любая система является частью большей системы, а иногда и нескольких систем сразу. Такую метасистему также можно делить на подсистемы по-разному. Это означает, что внешняя граница системы имеет относительный, условный характер. Определение границ системы производится с учётом целей субъекта, который будет использовать модель системы.

**Структурированность**

Свойство структурированности заключается в том, что части системы не изолированы, не независимы друг от друга; они связаны между собой, взаимодействуют друг с другом. При этом свойства системы существенно зависят от того, как именно взаимодействуют её части. Поэтому так часто важна информация о связях элементов системы. Перечень существенных связей между элементами системы называется моделью структуры системы.

## 2 Системно-деятельностный подход. Проблема принятия решения

**Системно-деятельностный подход** (СДП) — это методологическая основа, которая рассматривает деятельность как систему, состоящую из взаимосвязанных элементов, и изучает её с точки зрения целостности, структуры и функций. Этот подход широко применяется в психологии, педагогике, управлении и других науках, где важно понимать, как человек или группа людей организуют свою деятельность для достижения целей.

## 3 Муравьиный алгоритм. Биологический прототип и простейшие модели. Алгоритм поведения искусственного муравья

Смотреть билет №2. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №13

## 1 Система и ее свойства. Динамические свойства систем. Функциональность. Стимулируемость. Изменчивость системы со временем. Существование в изменяющейся среде

Если рассмотреть состояние системы в новый момент времени, то вновь можно обнаружить все четыре статических свойства. Но если наложить «фотографии» системы в разные моменты времени друг на друга, то обнаружится, что они отличаются в деталях: за время между двумя моментами наблюдения произошли какие-то изменения в системе и её окружении. Такие изменения могут быть важными при работе с системой, и, следовательно, должны быть отображены в описаниях системы и учтены при работе с нею. Особенности изменений со временем внутри системы и вне её и называются динамическими свойствами системы. Обычно различаются четыре динамических свойства системы.

**Функциональность**. Процессы Y(t), происходящие на выходах системы, рассматриваются как её функции. Функции системы – это её поведение во внешней среде, результаты её деятельности, продукция, производимая системой. Из множественности выходов вытекает множественность функций, каждая из которых может быть кем-то и для чего-то использована. Поэтому одна и та же система может служить для разных целей. Субъект, использующий систему в своих целях, будет, естественно, оценивать её функции и упорядочивать их по отношению к своим потребностям. Так появляются понятия главной, второстепенной, нейтральной, нежелательной, лишней функции и т.д.

**Стимулируемость**. На входах системы также происходят определённые процессы X(t), воздействующие на систему и превращающиеся после ряда преобразований в системе в Y(t). Воздействия X(t) называются стимулами, а сама подверженность любой системы воздействием извне и изменение её поведения под этими воздействиями – стимулируемостью.

**Изменчивость системы со временем**. В любой системе происходят изменения, которые необходимо учитывать. В терминах модели системы можно сказать, что изменяться могут значения внутренних переменных (параметров) Z(t), состав и структура системы и любые их комбинации. Характер этих изменений тоже может быть различным. Поэтому могут рассматриваться дальнейшие классификации изменений. Самая очевидная классификация – по скорости изменений (медленные, быстрые. Скорость изменений измеряется относительно какой-либо скорости, взятой за стандарт. Возможно введение большого количества градаций скоростей. Возможна также классификация тенденций перемен в системе, касающихся её структуры и состава.

**Существование в изменяющейся среде**. Изменяется не только данная система, но и все остальные. Для рассматриваемой системы это выглядит как непрерывное изменение окружающей среды. Это обстоятельство имеет множество последствий для самой системы, которая должна приспосабливаться к новым условиям для того, чтобы не погибнуть. При рассмотрении конкретной системы обычно уделяют внимание особенностям той или иной реакции системы, например, скорости реакции. Если рассматривать системы, хранящие информацию (книги, магнитные носители), то скорость реакции на изменения внешней среды должна быть минимальной для обеспечения сохранения информации. С другой стороны, скорость реакции системы управления должна во много раз превосходить скорость изменения окружающей среды, так как система должна выбрать управляющее воздействие ещё до того, как состояние окружающей среды необратимо изменится.

## 2 Системно-деятельностный подход. Деятельность. Свойство полифункциональности

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Методы «тушения»

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

**Методы тушения**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №14

## 1 Система и ее свойства. Синтетические свойства систем. Эмерджентность. Неразделимость на части. Ингерентность. Целесообразность

К синтетическим свойствам относятся обобщающие, интегральные, собирательные свойства, описывающие взаимодействия системы со средой и учитывающие целостность в самом общем понимании.

**Эмерджентность**. Объединение элементов в систему приводит к появлению качественно новых свойств, не выводящихся из свойств частей, присущих только самой системе и существующих только до тех пор, пока система составляет одно целое. Подобные качества системы называются эмерджентными (от англ. «возникать»).

Эмерджентные свойства системы определяются её структурой. Это значит, что при различных соединениях элементов будут возникать различные эмерджентные свойства. Например, если соединить элементы параллельно, то функционально новая система не будет отличаться от одного элемента. Эмерджентность проявится в повышении надёжности системы за счёт параллельного соединения двух одинаковых элементов – то есть за счёт избыточности.

**Неразделимость на части**. Это свойство является, фактически, следствием эмерджентности. Оно подчёркивается особо из-за того, что его практическая важность велика, а недооценка встречается очень часто. При изъятии из системы части происходит два важных события. Во-первых, при этом изменяется состав системы, а значит и её структура. Это будет уже другая система с отличающимися свойствами. Во-вторых, элемент, изъятый из системы, будет вести себя по другому в силу того, что изменится его окружение. Всё это говорит о том, при рассмотрении элемента отдельно от остальной системы следует соблюдать осторожность.

**Ингерентность**. Система тем более ингерентна, чем лучше она согласована, приспособлена к окружающей среде, совместима с нею. Степень ингерентности бывает разной и может изменяться. Целесообразность рассмотрения ингерентности как одного из свойств системы связана с тем, что от неё зависят степень и качество осуществления системой избранной функции. В естественных системах ингерентность повышается путём естественного отбора. В искусственных системах ингерентность должна быть особой заботой конструктора. В ряде случаев ингерентность обеспечивается с помощью промежуточных, посреднических систем.

**Целесообразность**. В создаваемых человеком системах подчинённость и структуры, и состава достижению поставленной цели настолько очевидна, что может быть признана фундаментальным свойством любой искусственной системы. Это свойство называется целесообразностью. Цель, ради которой создаётся система, определяет, какое эмерджентное свойство будет обеспечивать достижение цели, а это, в свою очередь, диктует выбор структуры и состава системы. Для того, чтобы распространить понятие целесообразности и на естественные системы, необходимо уточнить понятие цели. Уточнение проводится на примере искусственной системы.

## 2 Системно-деятельностный подход. Динамически сложная среда

## 3 Муравьиный алгоритм. Биологический прототип. Простой муравьиный алгоритм

Смотреть билет №3. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №15

## 1 Понятия, характеризующие строение системы. Цель. Элемент. Компоненты и подсистемы. Связь. Структура

**Цель** системы — это заранее мысленный результат, ради которого система существует и функционирует. Цель определяет назначение системы, направление её развития и критерии успешного функционирования.

В системном анализе различают:

* **Идеальную цель** — стремление к недостижимому, но полезному результату.
* **Конкретную цель** — достижимую в рамках определённого временного интервала.

Цель системы может быть выражена в виде целевых функционалов, связывающих её с ресурсами, входами и выходами.

**Элемент** — это неделимая часть системы с точки зрения текущей задачи анализа. Это может быть физический объект, процесс, человек или концептуальный объект. Элементами называют простейшие составляющие системы, которые нельзя разбить на более мелкие части без потери смысла для анализа. Одно и то же явление может быть элементом в одной системе и подсистемой в другой, в зависимости от контекста.

**Компоненты** — это совокупности однородных элементов, которые выполняют одну функцию внутри системы.

**Подсистема** — это относительно независимая часть системы, которая сама может рассматриваться как система, обладающая собственной целью и связями с другими подсистемами. Компоненты не всегда имеют подцель, в то время как подсистемы имеют свою локальную цель, которая согласуется с общей целью системы.

**Связь** — это зависимость между элементами, компонентами или подсистемами системы, обеспечивающая её целостность и функционирование. Связь определяет передачу ресурсов, информации или энергии между элементами. Характеристики связей: направленность (направленные, ненаправленные), сила (сильные, слабые), характер (подчинения, равноправия, управления). Она может быть структурной (статичной) или функциональной (динамичной).

**Структура** системы — это совокупность элементов и связей между ними, определяющих устройство и функционирование системы. Ключевые особенности структуры: определяет организацию системы, может включать иерархии, сетевые и другие формы взаимодействий, включает только наиболее существенные компоненты и связи, которые определяют её функционирование.

## 2 Системно-деятельностный подход. Категориальная схема акта деятельности

Смотреть билет №8. Вопрос №2.

## 3 Муравьиная система. Биологический прототип. Алгоритм муравьиной системы

Смотреть билет №4. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №16

## 1 Понятие «Система». Универсальные понятия системы и их формальный вид. Элемент. Связь. Структура пространства системы

Смотреть билет №7. Вопрос №1.

## 2 Системно-деятельностный подход. Задача и проблема

## 3 Алгоритм пчелиной колонии. Естественная мотивация. Описание пчелиного алгоритма

Смотреть билет №1. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №17

## 1 Понятие «Система». Кибернетические представления системы и их формальный вид. Понятия учитывающее свойства системы. Группы свойств

Смотреть билет №8. Вопрос №1.

## 2 Системно-деятельностный подход. Категориальная схема акта деятельности

Смотреть билет №8. Вопрос №2.

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Правила поведения птиц в модели Рейнольдса. Основной роевой алгоритм. Графическая иллюстрация

Смотреть билет №5. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №18

## 1 Понятие «Система». Определения, учитывающие цель, среду, интервал времени, наблюдателя

Смотреть билет №9. Вопрос №1.

## 2 Системно-деятельностный подход. Проблема принятия решения

Смотреть билет №12. Вопрос №2.

## 3 Метод имитация отжига. Естественная мотивация. Масштабирование в ходе отжига

Метод отжига – это техника оптимизации, использующая упорядоченный случайный поиск на основе аналогии с процессом образования веществом кристаллической структуры с минимальной энергией при охлаждении.

В настоящее время метод отжига применяется для решения многих оптимизационных задач – финансовых, компьютерной графики, комбинаторных, в телекоммуникационных сетях, и многих других. Зачастую метод отжига используют для обучения нейронных сетей. Несмотря на такую широкую область применения, скорость сходимости метода отжига все еще мало изучена.

Огромным преимуществом метода отжига является свойство избежать «ловушки» в локальных минимумах оптимизируемой функции, и продолжить поиск глобального минимума. Это достигается за счет принятия не только изменений параметров, приводящих к уменьшению значения функции, но и некоторых изменений, увеличивающих ее значение, в зависимости от т.н. температуры характеристики моделируемого процесса. Чем выше температура, тем больше “ухудшающие” изменения допустимы, и больше их вероятность. Еще одним преимуществом является то, что даже в условиях нехватки вычислительных ресурсов для нахождения глобального минимума, метод отжига, как правило, выдает весьма неплохое решение.

**Естественная мотивация**

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества из жидкого состояния в твёрдое, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

**Алгоритм имитации отжига**

Метод отжига служит для поиска глобального минимума некоторой функции 𝑓(𝑥), заданной для 𝑥 некоторого пространства 𝑆, дискретного или непрерывного. Элементы множества 𝑆 представляют собой состояние воображаемой физической системы («энергетические уровни), а значения функции 𝑓 в этих точках используется как энергия системы 𝐸 = 𝑓(𝑥). В каждый момент предполагается заданная температура системы 𝑇, как правило, уменьшающая с течением времени. После попадания в состояние 𝑥 при температуре 𝑇, следующее состояние системы выбирается в соответствии с заданным порождающим семейством вероятностных распределений 𝒢(𝑥, 𝑇), которое при фиксированных 𝑥 и 𝑇 задает случайный элемент 𝐺(𝑥, 𝑇) со значениями в пространстве 𝑆. После генерации нового состояния 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇), система с вероятностью ℎ(Δ𝐸, 𝑇) переходит к следующему состоянию 𝑥′, в противном случае процесс генерации 𝑥 ′ повторяется. Здесь Δ𝐸 обозначает приращение функции 𝑓(𝑥′ ) − 𝑓(𝑥). Величина ℎ(Δ𝐸, 𝑇) называется вероятностью принятия нового состояния.

Как правило, в качестве функции ℎ(Δ𝐸, 𝑇) выбирается либо точное значение соответствующей физической величины

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

либо приближенное значение



Вторая формула используется наиболее часто. При ее использовании ℎ(Δ𝐸, 𝑇) оказывается больше единицы в случае Δ𝐸 < 0, и тогда соответствующая вероятность считается равной 1. Таким образом, если новое состояние дает лучшее значение оптимизируемой функции, то переход в это состояние перейдет в любом случае.

Изображение выглядит как текст, Шрифт, рукописный текст, каллиграфия

Автоматически созданное описание

Конкретная схема метода отжига задается следующими параметрами:

* Выбором закона изменения температуры 𝑇(𝑘), где 𝑘 – номер шага.
* Выбором порождающего семейства распределений 𝒢(𝑥, 𝑇).
* Выбором функции вероятности принятия ℎ(Δ𝐸, 𝑇).

Алгоритм:

1. Случайным образом выбирается начальная точка 𝑥 = 𝑥0, 𝑥0 ∈ 𝑆. Текущее значение энергии 𝐸 устанавливается в значение 𝑓(𝑥0).

Для большинства задач начальное решение будет случайным. На самом первом шаге оно помещается в текущее решение. Другая возможность заключается в том, чтобы загрузить в качестве начального решения уже существующее, возможно, то самое, которое было найдено во время предыдущего поиска. Это предоставляет алгоритму базу, на основании которой выполняется поиск оптимального решения задачи.

1. 𝑘-я итерация основного цикла состоит из следующих шагов:
2. Сравнить энергию системы 𝐸 в состоянии 𝑥 с найденным на текущий момент глобальным минимумом. Если 𝐸 = 𝑓(𝑥) меньше, то изменить значение глобального минимума.
3. Сгенерировать новую точку 𝑥 ′ = 𝐺(𝑥, 𝑇(𝑘)).

Случайный поиск решения начинается с копирования текущего решения в рабочее. Затем мы произвольно модифицируем рабочее решение. Как именно модифицируется рабочее решение, зависит от того, каким образом оно представляется (кодируется). Представьте себе кодировку задачи коммивояжера, в которой каждый элемент представляет собой город. Чтобы выполнить поиск по рабочему решению, мы берем два элемента и переставляем их. Это позволяет сохранить целостность решения, так как при этом не происходит повторения или пропуска города. После выполнения поиска рабочего решения мы оцениваем решение, как было описано ранее. Поиск нового решения основан на методе Монте-Карло (то есть случайным образом).

1. Вычислить значение функции в ней 𝐸 ′ = 𝑓(𝑥 ′).
2. Сгенерировать случайное число ∝ из интервала [0; 1].
3. Если ∝< ℎ(𝐸 ′ − 𝐸, 𝑇(𝑘)), то установить 𝑥 ← 𝑥′ , 𝐸 ← 𝐸′ и перейти следующей итерации. Иначе повторить шаг b), пока не будет найдена подходящая точка 𝑥′.

На этом этапе алгоритма у нас имеется два решения. Первое — это наше оригинальное решение, которое называется текущим решением, а второе - найденное решение, которое именуется рабочим решением. С каждым решением связана определенная энергия, представляющая собой его эффективность (допустим, что чем ниже Энергия, тем более эффективно решение).

Затем рабочее решение сравнивается с текущим решением. Если рабочее решение имеет меньшую энергию, чем текущее решение (то есть является более предпочтительным), то мы копируем рабочее решение в текущее решение и переходим к этапу снижения температуры.

Однако если рабочее решение хуже, чем текущее решение, мы определяем критерий допуска, чтобы выяснить, что следует сделать с текущим рабочим решением. Вероятность допуска основывается на уравнении ℎ(Δ𝐸, 𝑇) = exp(− Δ𝐸/ 𝑇) (которое, в свою очередь, базируется на законе термодинамики).

При высокой температуре плохие решения принимаются чаще, чем отбрасываются. Если энергия меньше, вероятность принятия решения выше. При снижении температуры вероятность принятия худшего решения также снижается. При этом более высокий уровень энергии также способствует уменьшению вероятности принятия худшего решения. При высоких температурах симулированное восстановление позволяет принимать худшие решения для того, чтобы произвести более полный поиск решений. При снижении температуры диапазон поиска также уменьшается, пока не достигается равенство при температуре 0°.

После ряда итераций по алгоритму при данной температуре мы ненамного снижаем ее. Существует множество вариантов снижения температуры. Но часто используется простая геометрическая функция: 𝑇(𝑘 + 1) =∝ 𝑇(𝑘)

Константа ∝меньше единицы. Возможны и другие стратегии снижения температуры, включая линейные и нелинейные функции.

При одной температуре выполняется несколько итераций. После завершения итераций температура будет понижена. Процесс продолжится, пока температура не достигнет нуля.

**Масштабирование в ходе отжига**

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, число

Автоматически созданное описание

# Экзаменационный билет №19

## 1 Понятие «Система». Большая система. Подсистема. Построение большой системы

Смотреть билет №10. Вопрос №1.

## 2 Системно-деятельностный подход. Деятельность. Функции деятельности. Формы деятельности. Свойство полиструктурности

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Типовые социальные сетевые структуры. Локальный роевой алгоритм

Смотреть билет №6. Вопрос №3.

# Экзаменационный билет №20

## 1 Понятие «Система». Сложная система. Внутренние и внешние факторы. Формальный вид сложной системы. Построение сложной системы

Смотреть билет №1. Вопрос №2.

## 2 Системно-деятельностный подход. Категориальная схема акта деятельности. Разрешения проблемной ситуации

## 3 Роевые алгоритмы. Естественная мотивация. Основные аспекты роевых алгоритмов. Основные параметры роевых алгоритмов

Смотреть билет №7. Вопрос №3.