**Вопросы к экзамену**

**1. Основные понятия, характеризующие строение и функционирование систем.**

***Элемент системы*** — это обособленная ее часть, неделимая в рамках этой системы, со своими специфическими свойствами, чертами и назначениями. Сложные системы принято вначале делить на ***подсистемы***, или на ***компоненты***. ***Компонент системы*** — множество относительно однородных элементов, объединенных общими функциями при обеспечении выполнения общих целей развития системы. ***Подсистема*** – часть системы, которую можно рассматривать как новую систему. Понятие ***связь*** входит в любое определение системы и обеспечивает возникновение и сохранение ее целостных свойств. Это понятие одновременно характеризует и строение (статику), и функционирование (динамику) системы. Связь определяют как ограничение степени свободы элементов. Действительно, элементы, вступая во взаимодействие (связь) друг с другом, утрачивают часть своих свойств, которыми они потенциально обладали в свободном состоянии. Важную роль в моделировании систем играет понятие ***обратной связи***. Обратная связь может быть положительной, сохраняющей тенденции происходящих в системе изменений того или иного выходного параметра, и отрицательной – противодействующей тенденциям изменения выходного параметра, т. е. направленной на сохранение, стабилизацию требуемого значения параметра (например, стабилизацию выходного напряжения, или в системах организационного управления – количества выпускаемой продукции, ее себестоимости и т. п.). Обратная связь является основой саморегулирования, развития систем, приспособления их к изменяющимся условиям существования. ***Цель системы*** — желаемое состояние системы или желаемый результат ее поведения. ***Структура системы*** — организация связей и отношений между подсистемами и элементами системы, а также, собственно, состав этих подсистем и элементов, каждому из которых обычно соответствует определенная функция.

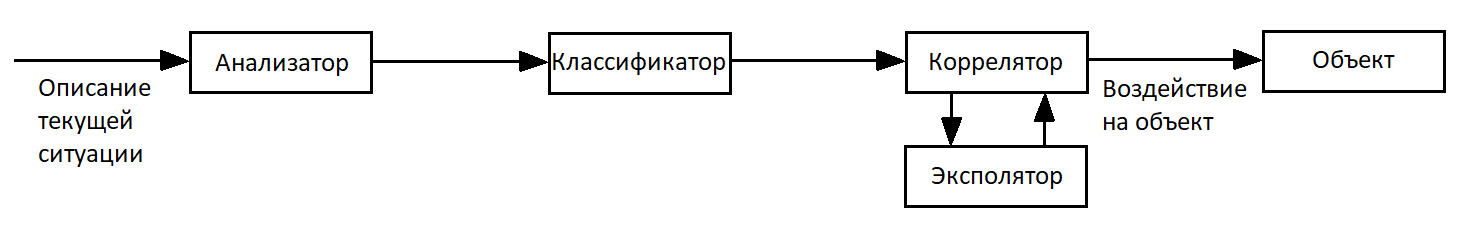
Основные термины, характеризующие функционирование и развитие системы:

* ***Состояние***.
* ***Поведение***. Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает поведением.
* ***Равновесие*** - способность системы в отсутствии внешних воздействий сохранять свое состояние сколь угодно долго.
* ***Устойчивость*** - способность системы возвращаться в состояние равновесия.
* ***Развитие***.

**2. Понятие структуры системы. Структура системы ситуационного управления.**

***Структура системы*** — организация связей и отношений между подсистемами и элементами системы, а также, собственно, состав этих подсистем и элементов, каждому из которых обычно соответствует определенная функция.

***Структура системы ситуационного управления:*** Метод ситуационного управления базируется на следующей гипотезе: множество всех возможных полных ситуаций значительно мощнее, чем соответствующее ему множество принимаемых решений. Если множество полных ситуаций разбить на подмножества, каждому из которых можно поставить в соответствие единственное типовое решение, то задача управления, грубо говоря, сведется лишь к классификации поступающих на вход системы внешних ситуаций.



**3. Понятие структуры системы. Структура исследований в области искусственного интеллекта.**

***Структура системы*** — организация связей и отношений между подсистемами и элементами системы, а также, собственно, состав этих подсистем и элементов, каждому из которых обычно соответствует определенная функция.

|  |  |
| --- | --- |
| **Искусственный интеллект** | |
| **Бионическое направление** | **Программно-прагматическое направление** |
| ***Нейробиологический:*** системы нейроподобных элементов, из которых создаются системы, способные воспроизводить некоторые интеллектуальные функции.  ***Cруктурно-эвристический****:* наблюдаемом поведении объекта и соображения о тех структурах (и их свойствах) мозга, которые могли бы обеспечить реализацию наблюдаемых форм поведения.  ***Гомеостатический:*** мозг рассматривается как гомеостатическая система, представляющая собой совокупность противоборствующих (и сотрудничающих) подсистем, в результате функционирования которых обеспечивается нужное равновесие (устойчивость) всей системы в условиях постоянно изменяющихся воздействий среды. | ***Локальный***: основан на точке зрения, что для каждой задачи, присущей творческой деятельности человека, можно найти способ ее решения на ЭВМ.  ***Системный***: программы искусственного интеллекта ориентированы не только и не столько на решение конкретных интеллектуальных задач, сколько на создание средств, позволяющих автоматически строить программы решения интеллектуальных задач, когда в них есть необходимость.  ***Подход, использующий метапроцедуры программирования****:* Создание интеллектуального программного обеспечения, то есть комплекса средств, автоматизирующих деятельность самого программиста. |

**4. Понятие структуры системы. Структура интеллектуальной системы.**

***Структура системы*** — организация связей и отношений между подсистемами и элементами системы, а также, собственно, состав этих подсистем и элементов, каждому из которых обычно соответствует определенная функция.

***Интеллектуальная система —*** это [техническая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0) или [программная система](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0), способная решать задачи, традиционно считающиеся [творческими](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%87%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE), принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока — [***базу знаний***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%B0_%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9)***,***[***механизм вывода решений***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D1%8B%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B0)***и интеллектуальный***[***интерфейс***](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%84%D0%B5%D0%B9%D1%81).

**5. Различные определения понятия системы.**

***Система*** – совокупность вещей, объединённых в какую-то структуру, для достижения определённой цели. ***Система*** – полный целостный набор элементов - компонентов систем, взаимосвязанных и взаимодействующих между собой так, чтобы реализовать определённую функцию.

**6. Характеристики иерархических систем: вертикальная декомпозиция, приоритет действий, взаимозависимость действий.**

Любая ***иерархия*** ***состоит из вертикально соподчиненных подсистем***; это означает, что вся система представляет собой семейство взаимодействующих подсистем. Под «системой» или «подсистемой» здесь понимается просто осуществление процесса преобразования входных данных в выходные.

|  |  |
| --- | --- |
|  | ***Организация*** – группа людей, деятельность которых координируется для достижения общей цели.  ***Участник*** – элемент, выполняющий полученную задачу. Предполагается, что участнику нужно самым эффективным способом выполнить свою задачу.  **Достоинства**: простые элементы и способы достижения цели.  ***Недостатки***: участники являются главной движущей силой.  ***Структура*** организации статична, цели участников не меняются. |

**7. Основные виды иерархий.**

1. ***Функциональную иерархию***, где уровни организации соответствуют различным функциям, таким как производство, маркетинг, финансы и т. д.
2. ***Территориальную иерархию***, где уровни организации соответствуют различным регионам или странам.
3. ***Иерархию продукта***, где уровни организации соответствуют различным продуктам или линейкам продуктов.
4. ***Иерархию проекта***, где уровни организации соответствуют различным проектам или программам.
5. ***Клиентскую иерархию***, где уровни организации соответствуют различным группам клиентов.

**8. Основные виды иерархий. Уровень абстрагирования.**

***Уровень абстрагирования*** - это способность человека или системы к абстрактному мышлению, то есть к разделению сложных проблем на более простые части, анализу и обобщению. Уровень абстрагирования может быть различным в зависимости от сложности задачи и области знаний. Чем выше уровень абстрагирования, тем более сложные проблемы способна решать система или человек.

**9. Основные виды иерархий. Уровень сложности принимаемого решения.**

***Уровень сложности принимаемого решения*** определяется различными ***факторами***, такими как:

* ***количество и тип*** рассматриваемых ***альтернатив***
* ***сложность оценки*** последствий каждой альтернативы
* ***степень неопределенности*** информации
* ***уровень риска***, связанный с каждой альтернативой
* ***количество и тип участнико***в, принимающих участие в принятии решения
* ***временные рамки***, в которые нужно принять решение.

В целом, чем больше сложность решаемой задачи, тем больше усилий и времени нужно вкладывать в ее решение.

**10. Основные виды иерархий. Организационные иерархии.**

***Организационная иерархия*** - это структура, определяющая, как отдельные части организации связаны между собой и каким образом они управляются. Она часто представляет собой сеть отношений, где каждое управление или отдел находится на определенном уровне иерархии, а каждое руководство или руководитель имеет свой уровень ответственности. Целью организационной иерархии является повышение эффективности организации, а также улучшение коммуникаций и управления.на решать система или человек.

**11. Связь между различными понятиями уровня. Проектирование многоэшелонной системы.**

Уровень может быть понятием, которое относится к иерархической структуре в системе. Обычно уровень обозначает некоторую степень абстракции или детализации. Например, в иерархической системе компьютерных файлов уровень может обозначать глубину вложенности файлов и папок. В многоэшелонной системе уровни могут отвечать за разные аспекты системы и иметь разную степень автономии. При проектировании многоэшелонной системы важно учитывать, что уровни должны быть сбалансированы и координированы для обеспечения эффективной работы системы в целом.

**12. Зависимость между уровнями и координируемость.**

Обычно, чем выше уровень в иерархии, тем более координированными оказываются его элементы. Например, в иерархии организаций руководитель высшего уровня обычно координирует действия своих подчиненных, которые в свою очередь координируют действия своих подчиненных и т.д. При проектировании многоэшелонной системы необходимо учитывать эту зависимость и стремиться к тому, чтобы уровни были четко определены и скоординированы между собой.

**13. Использование многослойной стратегии при доказательстве теорем.**

Многослойная стратегия может использоваться при доказательстве теорем для того, чтобы разбить большую задачу на несколько меньших, которые можно решать последовательно. Это позволяет упростить доказательство, так как необходимо решить только несколько меньших задач, а не одну большую. Однако такой подход требует хорошей организации и планирования, чтобы не потерять общую картину процесса доказательства.

**14. Основные причины формализации многоуровневых систем.**

Формализация многоуровневых систем важна по ряду причин. Во-первых, это позволяет улучшить восприятие и анализ системы специалистами, так как формализация дает возможность описать свойства системы языком, понятным для человека. Во-вторых, формализация позволяет использовать различные методы математической оптимизации и компьютерные технологии для анализа и поиска решений в системе. В-третьих, формализация позволяет упростить и ускорить процесс разработки системы, так как обеспечивает стандартизацию и упрощение взаимодействия между различными уровнями системы.

**15. Формальное определение абстрактной системы.**

Существуют три основные причины, вызывающие необходимость абстрактной математической формализации многоуровневых систем.

* ***Строгость***. При такой формализации мы отвлекаемся от физической реализации систем. Используемый аппарат опирается лишь на структурные свойства систем и поэтому применим практически без ограничений ко всем возможным объектам, обладающим сходной структурой.
* ***Математическая теория***. Формальные понятия обеспечивают основу для более детального математического изучения иерархических систем, так как позволяют при необходимости вводить и более сложные математические построения.
* ***Исследования структуры***.

1. ***Абстрактной системой*** S называется отношение над абстрактными множествами Х и У:https://studfile.net/html/1549/349/html_3jPXE8Ux8Z.uIuv/img-vmU9Ca.png

2. Если S — функция, S: Х -> У, мы будем называть систему ***функциональной***.

Входящие в определение системы множества ***Х*** и ***У*** характеризуют входные и выходные объекты и называются соответственно ***входным*** и ***выходным множествами***, а ***их элементы*** — ***входами*** и ***выходами***. Таким образом, представление системы в виде отношения есть представление в форме “вход — выход”. ***Входы*** функциональной системы могут рассматриваться как ***причины***, а ***выходы*** как ***следствия***

**16. Формальное определение абстрактной системы. Система, описываемая разностным уравнением.**

***Абстрактная система***, описываемая разностным уравнением - это набор элементов, соединенных между собой некоторыми взаимодействиями и образующих целостную структуру, которая описывается разностными уравнением и реагирует на внутренние и внешние сигналы, производя определенные изменения в себе и в окружающей среде.

***Разностное уравнение*** - это математическое уравнение, описывающее изменение величины в зависимости от времени или других переменных. Оно часто используется в математическом моделировании различных систем и процессов, в том числе в области инженерных наук, физики, экономики и т. д.

**17. Оптимизирующая система.**

***Оптимизирующая система*** - это система, которая призвана находить наилучший вариант решения какой-либо задачи или проблемы. Оптимизирующие системы широко используются в различных областях, таких как наука, техника, бизнес и другие. Они могут быть как человекоподобными, так и автоматизированными. Оптимизирующие системы обычно используют методы математического программирования и оптимизации для нахождения наилучшего решения. Оптимизирующие системы могут использоваться для решения различных задач, таких как:

* поиск наиболее эффективного маршрута для перевозки грузов;
* оптимизация расписания производства;
* поиск наиболее прибыльного инвестиционного решения;
* оптимизация работы энергетических сетей и т. д.

**18. Задача оптимизации. Задача нахождения удовлетворительных решений.**

***Задача оптимизации*** - это задача, в которой требуется найти наилучшее решение среди всех возможных вариантов. Оптимизация может быть как ***ограниченной*** (задача с ограничениями), так и ***неограниченной***. Обычно в задачах оптимизации указывается целевая функция, которая определяет качество решения, и набор ограничений, которые определяют допустимые варианты решений. Решение задачи оптимизации может быть найдено с помощью различных методов, таких как градиентный спуск, метод наискорейшего градиентного спуска и другие. В зависимости от целевой функции и ограничений задача оптимизации может быть максимизацией или минимизацией.

***Задача нахождения удовлетворительных решений*** - это задача, в которой требуется найти решение, которое удовлетворяет набору ограничений, но не обязательно является оптимальным с точки зрения целевой функции. Такие решения называются удовлетворительными, а задача называется задачей решения удовлетворительных решений. В такой задаче целевая функция не учитывается и решение определяется только на основе ограничений. Решение удовлетворительной задачи часто находится с помощью симплекс-метода или метода внутренней точки.

**19. Формальное описание стратифицированных систем.**

***Стратифицированная система*** - то система, которая состоит из нескольких уровней или слоев, в которых различные функции выполняются различными компонентами. Каждый уровень системы характеризуется своими свойствами и функциями, которые отличаются от свойств и функций других уровней. Стратифицированность системы позволяет организовать ее функционирование таким образом, чтобы обеспечить эффективное взаимодействие между различными уровнями и компонентами.

**20. Формальное описание иерархии слоев.**

***Иерархия слоев*** - это структура, в которой каждый уровень ил слой является более абстрактным и обобщенным, чем нижерасположенные уровни, и обеспечивает реализацию функций более высокого уровня с использованием более низкоуровневых функций. Таким образом, иерархия слоев представляет собой разноуровневую структуру, где каждый уровень выполняет определенные функции и взаимодействует с другими уровнями.

Иерархия слоев может использоваться в различных системах, например, в информационных системах, в программном обеспечении, в сетях и т. д. Она позволяет упростить структуру системы, улучшить ее масштабируемость и надежность, а также упростить отладку и разработку

**21. Формальное описание многоэшелонной иерархии.**

***Многоэшелонная иерархия*** - это иерархическая структура, в которой каждый элемент может иметь несколько родителей. Такая структура отличается от обычной иерархии, в которой у каждого элемента может быть только один родитель.

Формально многоэшелонную иерархию можно описать с помощью графа, в котором вершины соответствуют элементам иерархии, а ребра соединяют родительский элемент с его потомками. В отличие от обычной иерархии, в которой ребра соединяют каждую вершину только с одной вершиной-родителем, в многоэшелонной иерархии ребра могут соединять каждую вершину с несколькими вершинами-родителями.

Примером многоэшелонной иерархии может служить структура большой корпорации, в которой существует несколько эшелонов управления, таких как управление по отраслям, управление по регионам, управление по продуктам. Каждый эшелон управления состоит из различных уровней, например, управление по отраслям может включать в себя управление по производству, управление по маркетингу и т.д. В такой иерархии может быть несколько вариантов управления, например, отраслевое управление может руководить производством, а региональное управление - маркетингом. Также может существовать независимое управление, например, управление инвестициями или управление инновациями, которое отвечает перед президентом корпорации.

**22. Различные классификации систем. Классификация систем по их происхождению.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Естественные*** | ***Искусственные*** | ***Смешанные*** |
| Созданные в ходе естественной эволюции и в целом не подверженные влиянию человека (клетка). | Созданные под воздействием человека, обусловленные его интересами и целями (машина). | Совмещают свойства и тех, и тех. (биотехнические) |

**23. Различные классификации систем. Классификация систем по описанию переменных.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Система с количественными переменными*** | ***Система с качественными переменными*** | ***Смешанные переменные*** |
| Свойства, которые можно точно задать с помощью цифр. | Свойства, которые можно только описать. | Включают качественные и количественные переменные. |

**24. Различные классификации систем. Классификация систем по типу их операторов.**

|  |  |
| --- | --- |
| ***Чёрный ящик*** | ***Белый ящик*** |

**25. Различные классификации систем. Классификация систем по способу управления.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Управляемые из-вне*** | ***Самоуправляемые*** | ***Комбинированное управление*** |
| * Без обратной связи * Регулирование * Управление по параметрам * Управление по структуре | * Программное управление * Автоматическое регулирование * Параматрическая адаптация * Самоорганизация | * Автоматические * Полуавтоматические * Автоматизированные * Организованные |

**26. Понятие больших систем и сложных систем.**

***Большие системы*** - это системы, состоящие из множества компонентов, которые взаимодействуют между собой и с внешним окружением. Большие системы могут быть разных типов, например, технические, социальные и т. д. Они обычно характеризуются сложностью, масштабностью, разнообразием, непредсказуемостью и динамичностью.

***Сложные системы*** - это системы, состоящие из множества компонентов, которые взаимодействуют между собой и с внешним окружением, и обладают свойствами самоорганизации, саморегулирования и самоадаптации. Сложные системы характеризуются сложностью, масштабностью, разнообразием, непредсказуемостью и динамичностью. Они часто используются в разных областях, например, в экономике, социальных науках, информационных технологиях и т. д. Сложные системы обладают способностью к самоорганизации, саморегулированию и самоадаптации, что позволяет им адаптироваться к изменяющимся условиям внешнего окружения.

**27. Множественность задач выбора.**

***Множественность задач выбора*** - это ситуация, когда у оператора (человека или системы) есть несколько вариантов действий, и он должен выбрать наиболее подходящий из них. Множественность задач выбора часто возникает в разных ситуациях, например, при принятии решений, при планировании, при оценке различных вариантов и т.д. Чтобы успешно справиться с множественностью задач выбора, необходимо учитывать различные факторы, например, возможные последствия каждого из вариантов, стоимость их реализации, риски и т.д.

Чтобы успешно справиться с множественностью задач выбора, существует ряд рекомендаций:

1. Определите цели и задачи, которые нужно решить. Это поможет сформулировать вопросы, на которые нужно найти ответы.
2. Соберите информацию. Ознакомьтесь с различными вариантами решений, их последствиями и стоимостью. Соберите данные, которые помогут определить наиболее подходящий вариант.
3. Оцените риски. Определите, какие риски существуют у каждого из вариантов решений, и каковы вероятности их реализации.
4. Сравните варианты. Сравните различные варианты решений по различным критериям, таким как цена, возможные последствия, риски и т. д.
5. Сделайте выбор. Выберите наиболее подходящий вариант решения.

**28. Критериальный язык описания выбора.**

**29. Сведение многокритериальной задачи к однокритериальной.**

**30. Условная максимизация.**

**31. Множество Парето.**

**32. Описание выбора на языке бинарных отношений.**

**33. Способы задания бинарных отношений.**

**34. Язык функций выбора.**

**35. Ограничения на функции выбора.**

**36. Групповой выбор.**

**37. Парадоксы голосования.**

***Парадоксы голосования*** также могут возникать в различных технологических системах, например, при использовании блокчейна для голосования. Один из таких парадоксов - ***парадокс Наши Даниеля***. Это ситуация, когда участники сети ***намеренно голосуют за вариант, который не считают правильным***, чтобы показать свое несогласие с опросом или вызвать какие-то изменения. Парадокс Наши Даниеля может привести к тому, что ***результаты голосования станут недостоверными*** и ***не будут отражать реальное мнение участников***.

**38. Модель «черного ящика».**

**39. Модель состава системы.**

**40. Модель структуры системы.**

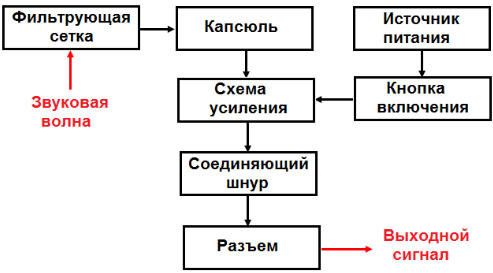
**Задачи**

1. **Построить модель состава для заданной системы.**

**Модель состава** – это перечень подсистем и элементов, из которых состоит система, с указанием отношения вложенности (иерархии). *Объект – микрофон. Микрофон состоит из следующих составных частей: капсюль, схема усиления, соединяющий шнур, разъем, кнопка включения, источник питания, корпус, защитно-фильтрующая сетка.*

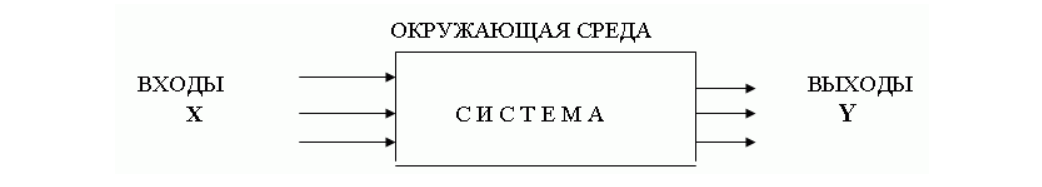
1. **Построить модель структуры для заданной системы.**

В **модели структуры** (содержательная модель) описываются все элементы системы, все связи между элементами внутри системы и связи некоторых элементов с окружающей средой (входы и выходы системы), указываются направления и типы связей (информационная, материальная, энергетическая). Структура представляется как способ организации целого из составных частей. Например модель структуры микрофона.



1. **Построить модель «черного ящика» для заданной системы.**

Приведенное определение ничего не говорит о внутреннем устройстве системы. Поэтому ее можно изобразить в виде непрозрачного «ящика», выделенного из окружающей среды. Подчеркнем, что уже эта, максимально простая, модель по-своему отражает два следующих важных свойства системы: целостность и обособленность от среды.



1. **Выбрать лучшую из альтернатив, используя аддитивную формулу вычисления суперкритерия. Альтернативы (не менее 3 штук) придумать самостоятельно.**

***Пример.****В задаче выбора подарка оставим два критерия: q1 - цена подарка, главный критерий; q2 - время. Договоримся, что 1 час = 60 руб. В нашем случае q0(x) = q1(x)/руб. + 60 q2(x)/час. Допустим, что нам надо выбрать наилучший из трех подарков: цена первого, второго и третьего соответственно 300 руб., 350 руб. и 400 руб.; время, затрачиваемое на их приобретение, 2 часа, 1 час и 30 мин. Посчитаем значение суперкритерия для каждого из подарков:*

1. **Выбрать лучшую из альтернатив, используя мультипликативную формулу вычисления суперкритерия. Альтернативы (не менее 3 штук) придумать самостоятельно.**

Мультипликативный критерий образуется путем **перемножения частных критериев возведенных в степени**. Если все частные критерии имеют одинаковую важность, то коэффициент равен 1. При разной важности критериев ≠ 1. **Достоинством** **мультипликативного критерия** является то, что при его использовании не требуется нормировка частных критериев. **Недостатки** **критерия**: критерий компенсирует недостаточную величину одного частного критерия избыточной величиной другого и имеет тенденцию сглаживать уровни частных критериев за счет неравнозначных первоначальных значений частных критериев.

1. **Выбрать альтернативу, ближайшую к эталону. Альтернативы (не менее 3 штук) и эталон придумать самостоятельно.**

В качестве **идеальной** обычно принимается альтернатива, которой соответствуют **наилучшие значения по всем показателям**.

**Наилучшим** (целесообразным) по такому правилу **будем считать вариант**, у которого **расстояние в пространстве координат, определяемое разностью показателей до «идеала» среди всех рассматриваемых альтернатив, *минимально*.** Расстояние измеряется как корень квадратный из суммы квадратов разности координат идеала и сравниваемого варианта, либо как разница показателей «идеала» и сравниваемой альтернативы.

Расчеты по этому способу несложны, правила позволяют учитывать любые количественные и формализованные качественные характеристики. Следует только предварительно преобразовывать критерии к одной шкале. Если это не сделать, то в различных масштабах будут и различные расстояния. Для этого подойдут описанные выше способы нормирования показателей, т. е. приведения их к шкале: [0, 1].

*B*1 =(17, 2, 5, 1);*B*2 = (11, 5, 3, 0);*B*3 = (10, 4, 4, 1);*B*4 = (5; 3; 2; 1);*B*5 = (3; 5; 1; 0);

Теперь запишем их в нормированном виде:

*B*1= (1; 0; 0; 1);*B*2 = (0.57; 1; 0.5; 0);*B*3 = (0.5; 0.67; 0.25; 1);*B*4 = (0.14; 0.33; 0.75; 1);*B5* = (0; 1; 1; 0);

Определим «идеальный» вариант *Bид*= (1; 1; 1; 1). Проводим сравнение каждого варианта с «идеальным» и определяем значения по следующей формуле:

https://www.ok-t.ru/studopediaru/baza17/2045932065313.files/image019.gif , где *l* —номер варианта (альтернативы).

Оптимальным будет считаться тот вариант, который ближе к «идеальному», т. е. определяется min(Δ*Wl*) по всем вариантам.

Для рассмотренного примера min(Δ*Wl*) достигается для *l* = 3, наилучшей альтернативой является первая, так как она ближе к «идеальному» варианту.

1. **Для заданных альтернатив построить множество Парето. Альтернативы (не менее 5 штук) придумать самостоятельно**

**Алгоритм формирования множества Парето**

Пусть имеется n альтернатив, каждая из которых характеризуется набором частных критериев. Алгоритм состоит из n циклов сравнения каждой альтернативы с уже вошедшими в множество Парето.

В каждом цикле сравнения возможны три исхода:

* Если сравниваемая альтернатива по всем частным критериям хуже чем хотя бы одна из вошедших в множество Парето, то альтернатива исключается из рассмотрения.
* Если сравниваемая альтернатива хотя бы по одному частному критерию хуже, а по другим лучше, чем каждая из альтернатив уже вошедших в множество Парето, то эта альтернатива добавляется в множество Парето.

*Пример* Пусть имеется 9 альтернатив, каждая из которых характеризуется двумя «хорошими» частными критериями у1 и у2. Процесс построения множества Парето по описанному выше алгоритму отображается следующей таблицей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Альтернативы*** | ***y1,y2*** | ***Циклы сравнения*** | ***Множество Парето*** | ***Пояснения*** |
|  | *3, 10* |  |  | *Первая альтернатива входит в состав множества Парето автоматически.* |
|  | *2, 9* |  |  | *А2 не включена в Парето, так как хуже А1 по обоим критериям* |
|  | *9, 5* |  | *1, 3* | *А3 добавлена в Парето, так как лучше А1 по у1, но хуже по у2* |
|  | *6, 7* |  | *1, 3, 4* | *А4 добавлена в Парето, так как не хуже и не лучще А1 и А3* |
|  | *4, 4* |  | *1, 3, 4* | *А5 не включена в Парето, так как хуже А3 и А4 по обоим критериям* |
|  | *6, 4* |  | *1, 3, 4* | *А6 не включена в Парето, так как хуже А3 по обоим критериям* |
|  | *8, 3* |  | *1, 3, 4* | *А7 не включена в Парето, так как хуже А3 по обоим критериям* |
|  | *7, 8* |  | *1, 3, 8* | *А8 включена в Парето, так как не хуже и не лучще А1 и А3. А4 исключена из Парето, так как хуже А8 по обоим критериям* |
|  | *10, 6* |  | *1, 8, 9* | *А9 включена в Парето, так как не хуже и не лучще А1 и А8. А3 исключена из Парето, так как хуже А9 по обоим критериям* |

Важно заметить, что описанный алгоритм построения множества Парето применим только для сформулированного условия компромисса – альтернативы равноценны, если хотя бы по одному частному критерию одна лучше другой. Для других условий компромисса алгоритмы построения множества Парето будут другими.

Множество Парето для двух критериев можно построить графически. Для каждой альтернативы, представленной на графике точкой, строится прямоугольник. На рисунке такие прямоугольники построены для точек 1, 2 и 6. Очевидно, угловая точка каждого прямоугольника является лучшей точкой по отношению ко всем другим, оказавшимся внутри этого прямоугольника, так как у этой угловой точки значения критериев у1 и у2 наибольшие. Поэтому все точки, оказавшиеся внутри построенных прямоугольников, например, точки 8, 4, 5 для прямоугольника с вершиной в точке 6 и точка 2 для прямоугольника с вершиной в точке 1, исключаются из рассмотрения. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут построены прямоугольники для всех точек. Неисключенные точки (в данном случае это точки 1, 3, 9) образуют множество Парето. Заметим, что при других направлениях улучшения критериев y1, y2 правила построения прямоугольников (точнее, углов) и исключения точек будут другими. Например, на приведенном ниже рисунке лучшей будет угловая точка угла 1, а угловые точки для углов 2 и 3 будут исключены.

