

# **Эвристические методы синтеза систем**

# Метод ассоциаций и аналогий

## Входная информация

- $A$  - список объектов;  $B$  - список признаков;  $C$  - матрица связей  $A$  и  $B$ , причем  $C_{ij} = 1$ , если  $i$ -й объект обладает  $j$ -м признаком, в противном случае  $C_{ij} = 0$ .
- Работа алгоритма заключается в случайном выборе объекта из списка  $A$  и всех его признаков из списка  $B$ . В результате получается случайная ассоциация «объект – признаки» ассоциация получается независимо от предыдущей.

## Выполняются следующие процедуры:

1. Случайный выбор из списка  $A$  объекта  $a$ .
  2. Выбор из списка  $B$  всех признаков объекта  $a$ . Результат - список  $Ba$ .
  3. Случайный выбор из списка  $Ba$  признаков  $b$ .
  4. Выходные данные:  $a$ ,  $Ba$ ,  $b$ .
  5. Выбор из списка  $A$  всех объектов, обладающих признаком  $b$ . Результат - список  $Ab$ .
  6. Случайный выбор из списка  $Ab$  объекта  $a$ .
  7. Перейти к раз к процедуре 2.
  8. Конец.
- На каждой итерации алгоритма пользователю выводится очередная случайная ассоциация «объект - признаки - случайный признак». Результатом работы является гирлянда ассоциаций длины  $k$ . Последовательность объектов в гирлянде характерна тем, что соседние объекты имеют общий признак.
  - Оригинальность и допустимость идей, получаемых на основе случайных ассоциаций, существенно зависят от входных списков  $A$  и  $B$ . При этом, чем больше пересечение признаков фокального объекта со списком  $B$ , тем больше вероятность получения допустимой идеи и меньше - оригинальной.

## Пример генерирования случайных ассоциаций при решении задач по созданию нового потребительского товара

Исходная информация:

$A = \{a_1 - \text{авторучка}, a_2 - \text{фонарь}, a_3 - \text{радиоприемник}, a_4 - \text{часы}\}$ .

$B = \{b_1 - \text{стеклянный}, b_2 - \text{светотеплоизлучающий}, b_3 - \text{многоцветный}, b_4 - \text{плавающий}, b_5 - \text{встроенный}, b_6 - \text{гигантский}, b_7 - \text{миниатюрный}, b_8 - \text{источник энергии} - \text{тепловая энергия, излучаемая телом человека}\}$ .

Матрица  $C$  связей  $A$  и  $B$  для рассматриваемого примера имеет следующий вид:

$C =$

|       | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ | $a_4$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| $b_1$ | 1     |       |       | 1     |
| $b_2$ |       | 1     | 1     |       |
| $b_3$ | 1     | 1     |       |       |
| $b_4$ | 1     | 1     | 1     | 1     |
| $b_5$ |       | 1     | 1     | 1     |
| $b_6$ | 1     | 1     | 1     | 1     |
| $b_7$ |       | 1     | 1     | 1     |

## Выполняемые процедуры:

1. Случайный выбор из списка А объекта:

$a_2$  - **фонарь**.

2. Выбор из списка В всех признаков объекта  $a_2$ .

$B_{a_2} = \{b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8\}$ .

3. Случайный выбор из списка признака  $b$ :

$b_4$  - **плавающий**.

4. Выходные данные:

$a_2$  - **фонарь**;

$B_{a_2} = \{b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8\}$ .

$b_4$  - **плавающий**.

5. Выбор из списка А всех объектов, обладающих признаком  $b$ .

$A_{b_4} = \{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ .

6. Случайный выбор из списка  $A_{b_4}$  объекта:

$a_3$  - **радиоприемник**.

После первой итерации гирлянда случайных ассоциаций имеет следующий вид:  $a_2$  - **фонарь**,  $b_4$  - **плавающий**,  $a_3$  - **радиоприемник**.

Признак  $b_4$  является общим для объектов  $a_2$  и  $a_3$ .

7. Переход к процедуре 2.

Результат - список  $V_{a3} = \{b_4, b_5, b_6, b_7, b_8\}$ .

8. Случайный выбор из списка  $V_{a3}$  признака:  $b_8$  - **источник энергии - тепловая энергия.**

9. Выходные данные:

$a_3$  - **радиоприемник;**

$V_{a3} = \{b_4, b_5, b_6, b_7, b_8\}$ ;  $b_8$  - **источник энергии - температура тела человека.**

10. Выбор из списка  $A$  всех объектов с признаком  $b_8$ :

$A_{b_8} = \{a_2, a_3, a_4\}$ .

11. Случайный выбор из списка  $A_{b_8}$  объекта:  $a_4$  - часы. После второй итерации гирлянда случайных ассоциаций имеет следующий вид:  $a_2$  - фонарь,  $b_4$  - плавающий,  $a_3$  - радиоприемник,  $b_8$  - источник энергии - температура тела человека,  $a_4$  - часы.

В результате двух итераций алгоритма возникшие ассоциации от синтезированной гирлянды позволяют сгенерировать следующие идеи потребительского товара:

- **фонарь для подводного плавания;**
- **радиоприемник для плавания с источником энергии от температуры тела человека;**
- **часы с подзарядом от тепловой энергии, излучаемой телом человека.**

# Пример студентов

a1 - наушники  
a2 - телевизор  
a3 - часы  
a4 - холодильник  
b1 - воспроизводит музыку  
b2 - греет уши  
b3 - беспроводное соединение  
b4 - выход в интернет  
b5 - показывает температуру  
b6 - возможность звонить и писать сообщения  
b7 - записная книжка  
b8 - камера

a1  
 $V(a1) = \{b1, b2, b3\}$   
b3  
a1,  $V(a1)$ , b3  
 $A(b3) = \{a1, a2, a3, a4\}$   
a4  
a1, b3, a4  
 $V(a4) = \{b3, b4, b5, b7, b8\}$   
b4  
a4,  $V(a4)$ , b4  
 $A(b4) = \{a2, a3, a4\}$   
a3  
a1, b3, a4, b4, a3  
 $V(a3) = \{b1, b3, b4, b5, b6, b7, b8\}$   
b1  
a3,  $V(a3)$ , b1  
 $A(b1) = \{a1, a2, a3\}$   
a2  
a1, b3, a4, b4, a3, b1, a2

- Наушники с беспроводным соединением.
- Холодильник с беспроводным соединением и выходом в интернет.
- Часы с выходом в интернет, которые воспроизводят музыку.
- Телевизор, воспроизводящий музыку

|    | a1 | a2 | a3 | a4 |
|----|----|----|----|----|
| b1 | 1  | 1  | 1  | 0  |
| b2 | 1  | 0  | 0  | 0  |
| b3 | 1  | 1  | 1  | 1  |
| b4 | 0  | 1  | 1  | 1  |
| b5 | 0  | 0  | 1  | 1  |
| b6 | 0  | 0  | 1  | 0  |
| b7 | 0  | 0  | 1  | 1  |
| b8 | 0  | 0  | 1  | 1  |

# Синектика

**Синектика** - комплексный метод стимулирования творческой деятельности, использующий приемы и принципы как «мозгового штурма», так и метода аналогий и ассоциаций (синектика - объединение разнородных элементов)

- В основе метода лежит поиск нужного решения благодаря преодолению психологической инерции, состоящей в стремлении решить проблему традиционным путем. Синектика позволяет выйти за рамки какого-то конкретного образа мыслей и значительно расширяет диапазон поиска новых идей за счет представления привычного непривычным и, наоборот, непривычного - привычным.
- При использовании синектики решение проблемы ищет группа специалистов разных специализаций, как владеющих этим методом, так и только приступающих к его овладению. Рекомендуются, чтобы члены синектической группы (кроме руководителя) перед началом работы не знали сути рассматриваемой проблемы, что позволяет абстрагироваться от привычного стереотипа мышления.
- Одна из важнейших частей синектической процедуры - выяснение того, как участники представляют себе обсуждаемую проблему. С этой целью они предлагают свои варианты ее определения. Руководитель записывает их на доске, что имеет существенное психологическое значение, поскольку каждый участник начинает воспринимать проблему как свою и делает попытки ее решить. Далее руководитель задает наводящие вопросы, вызывающие ассоциации и аналогии. Метод синектики широко использует личную аналогию (эмпатию). Человек мысленно вживается в образ рассматриваемой системы, стараясь отождествить себя с ней и проанализировать возникающие ощущения. Это помогает при синтезе новых вариантов систем. Эмпатия успешно применяется при решении особо сложных проблем, а также для проверки осуществимости различных идей.



# Метод контрольных вопросов

Применяется для психологической активизации творческого процесса.

**Цель метода:** с помощью наводящих вопросов подвести к решению задачи.

Метод может применяться как в индивидуальной работе, так и при коллективном обсуждении проблемы, например при «мозговом штурме».

Один из широко распространенных вопросников А. Осборна включает девять групп вопросов:

1. Какое новое применение системе можно предложить?
2. На какую другую систему похожа данная система и что можно скопировать?
3. Какие возможны модификации путем изменения функций?
4. Что можно в системе увеличить?
5. Что можно в системе уменьшить (сжать, ускорить, сузить, раздробить)?
6. Что можно в системе заменить?
7. Что можно в системе преобразовать (схему, порядок работы и т.д.)?
8. Что можно сделать в системе наоборот?
9. Какие новые комбинации элементов системы возможны?

## Метод коллективного блокнота

Позволяет сочетать независимое выдвижение идей каждым членом рабочей группы с коллективной их оценкой и процессом выработки решения.

### Реализация метода

- Каждый участник получает блокнот, в котором записывает в общих чертах без применения специальных терминов существо проблемы, а также данные, позволяющие ориентироваться в ней.
- В течение месяца каждый участник ежедневно заносит в блокнот возникающие по рассматриваемой проблеме идеи, оценивает их и определяет, какие из них могут обеспечить наилучшее решение задачи. Одновременно формулируются наиболее целесообразные направления исследования на последующем этапе работы. Кроме того, в блокноте фиксируются идеи, находящиеся в стороне от основной проблемы, но развитие которых может оказаться полезным для нахождения конечного решения.
- Систематизация зафиксированных в блокнотах идей осуществляется руководителем группы, а заключительное творческое обсуждение - всеми членами группы. Выбор окончательного решения проводится методом «мозгового штурма».

## Метод «матриц открытия»

Преследуется цель систематически исследовать все мыслимые варианты, вытекающие из закономерностей строения (морфологии) совершенствуемой системы, выбрать и изучить поле возможных решений. В то же время метод «матриц открытия» проще и дает возможность ограничить количество рассматриваемых вариантов.

Суть метода - в построении квадратной матрицы, в которой пересекаются два ряда характеристик по вертикали и горизонтали. Ряды могут быть упорядоченными по какому-либо признаку или неупорядоченными

- Характеристики могут быть выражены количественно или качественно. В отличие от метода морфологического анализа здесь часть выбранных характеристик может относиться не к системе, а к условиям ее эксплуатации.
- Основные этапы метода «матриц открытия» по обработке информации следующие:
  - составление перечня элементов, свойств, объектов, фактов, идей и т.п.;
  - выработка поля анализа - определение проблемы в наиболее общей и абстрактной форме, уточнение ее, построение структуры поля;
  - определение пересечения рядов и столбцов, обнаружение возможных комбинаций;
  - изучение выбранных комбинаций и выбор рациональных решений.

Метод «матриц открытия», как правило, не дает законченных решений и служит для систематизации имеющегося материала и определения отправных пунктов дальнейшего исследования. Комбинации характеристик дают возможность для плодотворных ассоциаций, постановки проблем, которые ранее оставались незамеченными.

## Структура «матриц открытия»

| Влияющий фактор | Материалы | Оборудование | Потребности | Рынки |
|-----------------|-----------|--------------|-------------|-------|
| Материалы       |           |              |             |       |
| Оборудование    |           |              |             |       |
| Потребности     |           |              |             |       |
| Рынки           |           |              |             |       |

# Алгоритм решения изобретательских задач

Алгоритм решения изобретательских задач - эвристический метод, ориентированный на идеальный ответ, максимальное использование имеющихся ресурсов, получение решения задачи путем выявления и разрешения внутренних противоречий системы.

Наибольшее распространение до настоящего времени этот алгоритм получил в области технического проектирования. Тем не менее основные подходы данного метода могут быть эффективно применены при синтезе новых экономических, управленческих и организационных систем.

Алгоритм решения изобретательских задач может быть использован для решения четырех задач, иерархически упорядоченных по сложности.

## Алгоритм решения изобретательских задач может быть использован для решения 4-х задач, иерархически упорядоченных по сложности

- **Решение задач первого уровня** не связано с устранением противоречий в системе и приводит к мельчайшим усовершенствованиям. Такие задачи под силу каждому специалисту. Здесь объект задачи указан точно и правильно, вариантов изменений мало, а сами изменения перестраивают систему незначительно.
- **Задачи второго уровня** - с внутрисистемными противоречиями, легко преодолеваемыми с помощью способов, известных применительно к родственным системам. Ответы на задачи этого уровня - мелкие изобретения. Для получения ответа рассматривается несколько десятков вариантов решений.
- **Задачи третьего уровня** характеризуются тем, что противоречие и способ его преодоления находятся в пределах одной науки. При этом можно полностью изменить один или два функционально значимых элемента системы и частично изменить другие элементы. Количество рассматриваемых вариантов здесь исчисляется сотнями. В итоге получают решения с высокой степенью новизны и эффективности.
- При решении **задач четвертого уровня** синтезируется новая система. В таких задачах противоречия устраняются средствами, выходящими за пределы науки, к которой относится задача. Число вариантов измеряется тысячами и десятками тысяч. В итоге - создание принципиально новой системы.

**Основные этапы и процедуры  
алгоритма решения  
изобретательских задач,  
адаптированных к экономическим,  
управленческим и  
организационным проблемам**

# Этап 1. Выбор задачи

- 1.1. Определить конечную цель решения задачи:
  - Какую характеристику системы необходимо изменить?
  - Какие характеристики объекта заведомо нельзя менять при решении задачи?
  - Какие расходы снизятся, если задача будет решена?
  - Каковы допустимые затраты?
  - Какой главный показатель качества необходимо улучшить?
- 1.2. Проверить обходной путь. Допустим, что задача принципиально не решена. Тогда какую другую задачу необходимо решить, чтобы получить требуемый конечный результат:
  - переформулировать задачу, перейдя на уровень надсистемы, в которую входит данная в задаче система;
  - переформулировать задачу, перейдя на уровень подсистем, входящих в данную в задаче систему;
  - на трех уровнях (надсистема, система, подсистема) переформулировать задачу, заменив требуемое действие обратным.
- 1.3. Определить, решение какой задачи целесообразнее - первоначальной или одной из обходных. Произвести выбор.
- 1.4. Определить требуемые количественные показатели.
- 1.5. Увеличить требуемые количественные показатели, учитывая время, необходимое для реализации изобретенной системы.
- 1.6. Уточнить требования, выдвинутые конкретными условиями, в которых предполагается реализация изобретенной системы.
- 1.7. Проверить, решается ли задача прямым применением стандартных решений.
- 1.8. Применить оператор РВС (размеры, время, стоимость):
  - мысленно меняем размеры системы от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?
  - мысленно меняем размеры системы от заданной величины до . Как теперь решается задача?
  - мысленно меняем время процесса (или скорость) от заданной величины до 0. Как теперь решается задача?
  - мысленно меняем время процесса от заданной величины до . Как теперь решается задача?
  - мысленно меняем стоимость системы или процесса от заданной величины до 0 или от заданной величины до . Как при этом решается задача?



## **Этап 2. Построение модели задачи**

- 2.1. Записать условия задачи, не используя специальные термины.
- 2.2. Выделить и записать конфликтную пару элементов системы.
- 2.3. Записать два взаимодействия элементов конфликтующей пары: имеющееся и то, которое надо ввести.
- 2.4. Записать стандартную формулировку модели задачи, указав конфликтующую пару и внутреннее противоречие системы

## Этап 3. Анализ модели задачи

- 3.1. Выбрать из элементов, входящих в модель задачи, тот, который можно легко изменять, заменять и т.д.
- 3.2. Записать стандартную формулировку идеального конечного результата (ИКР).
- 3.3. Выделить ту зону системы или элемента системы, которая непосредственно не обеспечивает достижение требуемого ИКР.
- 3.4. Сформулировать противоречивые требования к состоянию выделенной зоны системы.
- 3.5. Записать стандартную формулировку экономического, управленческого или организационного противоречия: выделенная зона системы (указать) должна быть (указать состояние), чтобы выполнять полезное взаимодействие (указать), и должна быть (указать состояние), чтобы предотвращать вредное воздействие (указать).

## Этап 4. Устранение противоречия

4.1. Рассмотреть простейшие преобразования выделенной зоны:

разделение противоречивых свойств в пространстве;

разделение противоречивых свойств во времени;

разделение противоречивых свойств путем использования переходных состояний, при которых сосуществуют или попеременно появляются противоречивые свойства;

разделение противоречивых свойств перестройкой структуры (частицы выделенной зоны наделяются имеющимся свойством, а вся выделенная зона в целом наделяется требуемым (конфликтующим) свойством).

4.2. Использовать фонд эвристических приемов для устранения противоречия в системе.

## **Этап 5. Предварительная оценка полученного решения**

- 5.1. Провести предварительную оценку полученного решения.
- 5.2. Оценить новизну полученного решения.
- 5.3. Определить подзадачи, которые могут возникнуть при практической реализации полученной идеи.

## **Этап 6. Развитие полученного ответа**

- 6.1. Определить, как должна быть изменена надсистема, в которую входит измененная система.
- 6.2. Проверить, может ли измененная система применяться по-новому.
- 6.3. Использовать полученный ответ при решении других экономических, управленческих и организационных задач.