

# **Технологии решения творческих задач на основе исчисления образов**

**Фоминых И.Б.**

**Национальный исследовательский университет МЭИ**

**[igborfomin@mail.ru](mailto:igborfomin@mail.ru)**

# ПЛАН

- **Определение творческой задачи**
- **Лево-правополушарные решения**
- **Информационный подход (принцип максимума)**
- **Образ и понятие (инженерия образов)**
- **Технологии решения творческих задач на компьютере:**

наблюдение за процессом решения задач экспертом  
использование рефлексии;  
моделирование интуиции.

- **Феномен целостности при решении творческих задач**
- **Преимущества символа(знака)**
- **Формализация эмоций**
- **Некоторые результаты и перспективы**

# ТВОРЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

- Решение задач — изначальная функция интеллекта и искусственного в частности
- Решение задачи - формирование представления на основе признаков, задающихся условиями задачи (предикатами).
- Решающее множество - множество объектов, для которых истинен предикат.

# ТВОРЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

- Тогда решение задачи есть конъюнкция предикатов, пересечение решающих множеств:
  - пересечение непусто, решение может быть получено регулярными методами;
  - **множество решений пустое - соответствующие условия задачи противоречат друг другу, нет представления, отвечающее этим условиям**  
( наиболее интересная ситуация)

# ТВОРЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

- **Творческая задача - задача, условия которой выглядят *противоречивыми и несовместимыми* (отсутствует объект, удовлетворяющий всем условиям задачи)**
- **Г.С.Альтшуллер [Альтшуллер Г.С., 1991], например, прямо определяет изобретение как “разрешение технического противоречия”**
- **Решение творческой задачи - разрешение противоречия [Голицын и др., 1996] путем выхода за пределы исходного множества представлений субъекта**

# “Четыре точки”

Условия :

- 1) “ Соединить четыре точки
- 2) тремя прямолинейными отрезками,
- 3) образующими замкнутую фигуру”

# «Четыре точки»

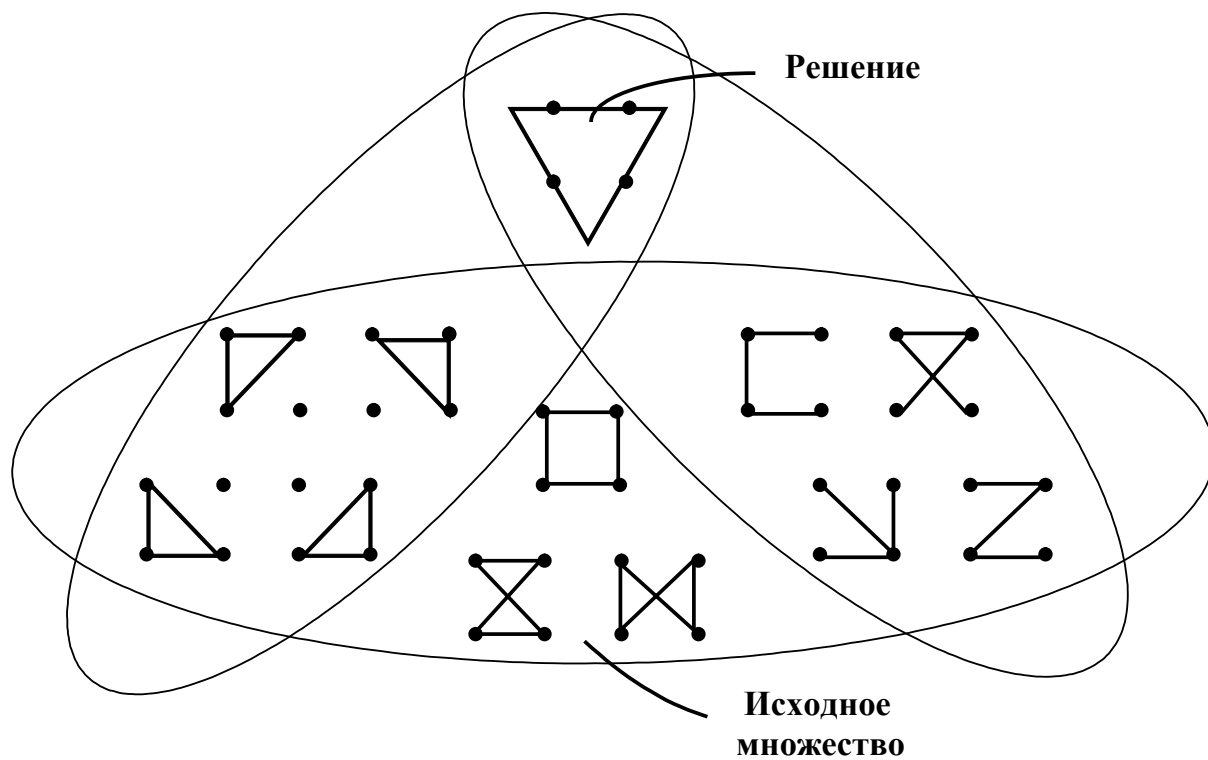


Рис. 2

# ТВОРЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

- **Противоречие не абсолютно:**  
следствие ограниченности исходного множества представлений субъекта:  
решающие множества не пересекаются только в пределах исходного множества, но могут пересекаться за его пределами.

**Для решения задачи необходимо выйти за эти пределы.**



# ТВОРЧЕСКАЯ ЗАДАЧА

- **Ограниченность исходного множества представлений обычно не осознается субъектом: следствие некритически усвоенных представлений, предрассудков.**
- **Общий источник предрассудков - ограниченность опыта субъекта, слишком узкая специализация : чем больше опыт субъекта в какой-то конкретной области, тем прочнее и предрассудки, тем выше пороги, создаваемые ими на пути правильных выводов.**
- **Вся история изобретений и открытий - это, по сути дела история преодоления предрассудков. Пример - представление о функции как о гладкой кривой.**
- **“сегодняшние ограничения - это вчерашние достижения”.**

# Лево - правополушарные решения

- При подъеме активности правого полушария и гармонизации его с уровнем левого, значительно возрастает скорость реакции на внешние стимулы, а, следовательно, скорость принятия решений, особенно в экстремальных ситуациях.
- **Причина:** большинство людей обладают более активным левым полушарием, это обусловлено самим принципом развития цивилизации, системой обучения, этическими нормами общества.
- специализация полушарий заключается не только в характере обрабатываемой информации, но и **в самом процессе обработки.**

# Лево- правополушарные решения

- Левое — действует пошагово, логически последовательно: собирается информация, обосновываются причины, просчитываются варианты, выводятся результаты, взвешиваются последствия.
- Если более активно правое полушарие, то даже при недостатке информации, ее части не рассматриваются как отдельные фрагменты и не анализируются последовательно, а сразу **образуют целостную картину (феномен целостности)**
- Недостающие части воссоздаются мгновенно и решение возникает как бы само собой. Это воспринимается как озарение, инсайт, так как сам процесс поиска решения — высокоскоростной, ассоциативный, без пошаговой логики и **не фиксируется в сознании.**

# Правополушарные решения и эмоции

- При этом человек испытывает необыкновенный эмоциональный подъем, вдохновение, и это закономерно: при повышении активности правого полушария обостряется чувственно-эмоциональное восприятие.
- Творчество в любой сфере связано с преодолением традиционных представлений (предрассудков), с обнаружением новых закономерностей или новым подходом к уже известным фактам в их целостной связи с миром.

# Правополушарные решения и эмоции

- У человека бывают такие состояния, когда происходит **стимуляция активности правого полушария** при снижении активности левого:
- **при длительном поиске решения**, (когда перепробовано много вариантов, а ответа нет)
- или в экстремальной ситуации **при полном отсутствии времени** на размышление.
- Причину таких озарений можно объяснить тем, что при сильном утомлении, напряженной работе, перегрузке или остром дефиците времени **левое полушарие выходит за предельный режим и отключается, передавая управление правому**, которое и находит оптимальный ответ.
- В обычной жизни мы его не слышим, **оно слишком «тихо» говорит с нами**, по сравнению с ведущим левым.

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД

Базируется на гипотезе Г.А.Голицина:

поведение адаптивных систем различной природы (биологических, технических, социальных ) требует обеспечения **максимума взаимной информации** для ее наилучшей адаптации к среде.

# ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД

Количественная мера адаптации - средняя взаимная информация  $I$  между условиями среды и реакциями системы:

$$I(x,y) = \log[p(x,y)/p(x)p(y)] = \log[p(x|y)/p(x)] ,$$

где  $p(x)$ ,  $p(y)$  - безусловные вероятности событий  $x$  и  $y$ ;

$p(x,y)$  - взаимная вероятность событий  $(x,y)$ ;

$p(x|y)$  - условная вероятность наступления  $x$  при условии наступления  $y$

или 
$$I(X,Y) = \sum_x \sum_y p(x,y) \log [p(x,y)/ p(x) p(y)] = \max_{p(x,y)}$$

где  $X, Y$  - случайные дискретные переменные

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

**Образ и понятие создаются в памяти в процессе обучения (индивидуального и коллективного) и характеризуются соответствующими распределениями вероятностей.**

**Понятие моделируется равномерным распределением плотности вероятностей, образ - холмообразным.**

Из этого различия вытекают главные особенности образа по сравнению понятием:

**определенность, ассимиляция, кумулятивность, целостность, конкретность.**

Возможность реализации образов на основе нейросетей определяется тем фактом, что несколько нейронов могут формировать в пространстве входных переменных множества различной формы.

**В частности, два нейрона с сигмоидальными передаточными функциями могут сформировать холмообразное распределение вероятностей, характерное для образа**



# Распределения вероятности для образа и ПОНЯТИЯ

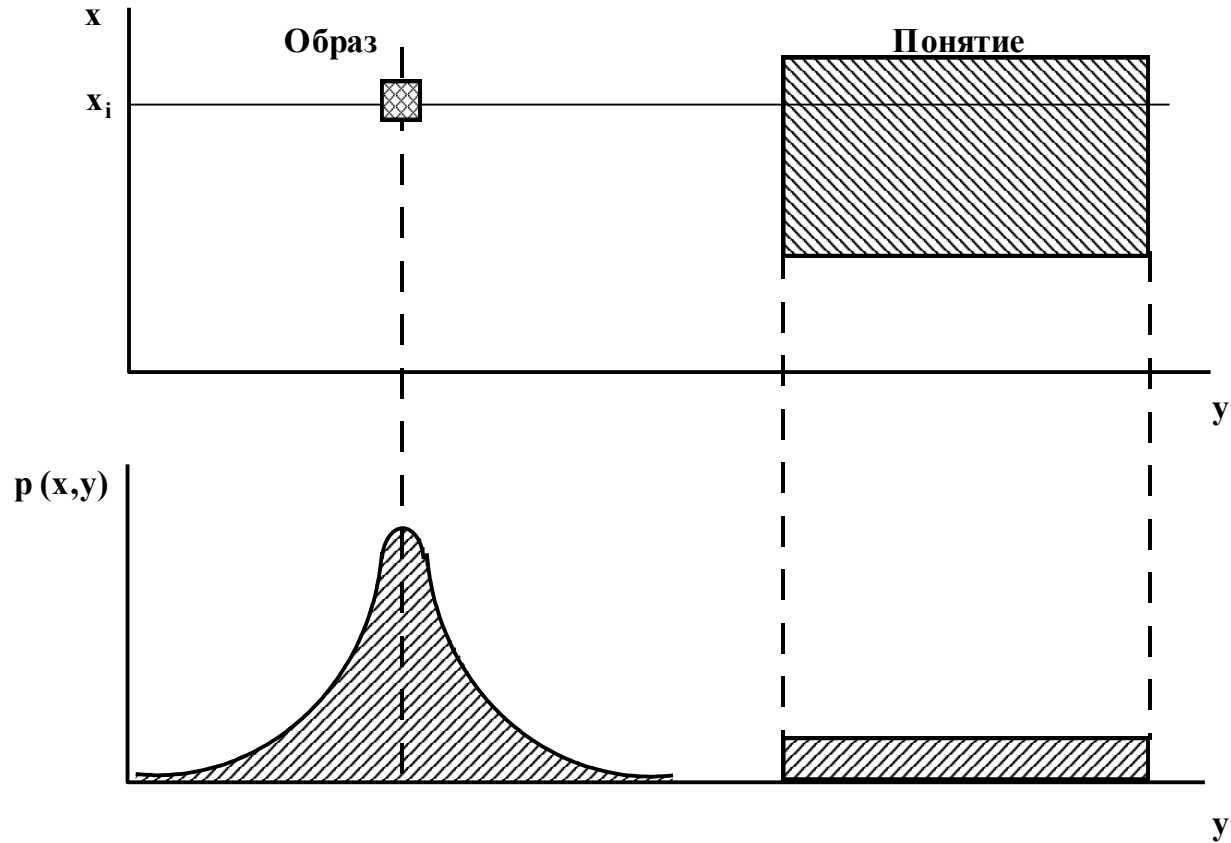


Рис. 1

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## Определенность признаков

**Образ  $\Leftrightarrow$  точка (малая окрестность) пространства признаков**

Распределение вероятностей  $\Rightarrow$  “холм”(гиперхолм) - узкое распределение с четко выраженной вершиной и плавными склонами

“Типичный” образ  $\Leftrightarrow$  вершина холма (точка максимума вероятности)

Понятие  $\Leftrightarrow$  область

**Понятие  $\Leftrightarrow$  “плато” (“гиперплато”) - равномерное распределение**

Для образа  $\Rightarrow dp/du \neq 0$  (кроме точки вершины холма)

Для понятия  $\Rightarrow dp/du = 0$  (на границе области не определена)

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## Ассимиляция

Типичный образ  $\Rightarrow$  аттрактор: сочетание обобщенности и определенности (при обобщении не теряет определенности)

“Типичный” образ  $\Rightarrow$  представитель и заместитель множества близких образов - эффект воронки

**Эффект ассимиляции отсутствует у понятия**

Единство понятия обеспечивается не эффектом ассимиляции, а общим знаком - СИМВОЛОМ

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## Кумулятивность

Повторение образа меняет его распределение вероятностей на более крутое и высокое:

*эффекты пропаганды*: субъект сначала сопротивляется какой-то идее, но затем, в результате многократного повторения сдается и принимает ее

*В творчестве*: многократное повторение условий задачи может перевести решение через порог сознания

**Для понятия повторение не имеет смысла** - равномерное распределение вероятностей не меняет формы: в четкой логике принятие или непринятие высказывания определяются его истинностью или ложностью раз и навсегда

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## Целостность образа (феномен целостности)

Целостность  $\Leftrightarrow$  связи между признаками, позволяющие по заданным признакам восстанавливать остальные

Задание хотя бы одной из координат вершины гиперхолма  $x \Rightarrow$  наиболее вероятные (информативные) значения остальных координат -  $y, z, \dots$

Признаки образа связаны достаточно прочными ассоциациями

## **Понятия свойством целостности не обладает:**

при задании значения одного из признаков понятия  $\Rightarrow$  определяется сечение гиперплата (диапазоны изменений остальных признаков, из которых ни одно не является предпочтительным).

Признаки понятия  $\Rightarrow$  в значительной степени независимы друг от друга

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## Конкретность

Образ спонтанно стремится к максимальной конкретности - это его наиболее устойчивое состояние

Образ  $\Rightarrow$  самовосстанавливается:

В образе множество его признаков  $\Rightarrow$  вместе, одновременно  $\Rightarrow$  их невозможно отделить друг от друга

**Признаки понятия легко отделяются друг от друга, абстрагируются и могут задаваться и рассматриваться по отдельности.**

Понятие существует устойчиво на любом, сколь угодно высоком уровне абстрактности

# ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ

## ОПЕРАЦИИ НАД ОБРАЗАМИ

**Сжатие образов** **Con** - сгущение образа

**Растяжение** **Dil** - размывание образа

**Объединение** **Ag** - ( соответствует ситуации «собака или кошка» )

**Пересечение** **Cros** –( соответствует ситуации «собака и кошка» )

# ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ

## 1. Наблюдение за процессом решения задач экспертом

(выявление его предрассудков путем анализа образцов его поведения : предрассудки чаще, чем истинные представляются “самоочевидными”, а потому не осознаются и не вербализуются )

Возможно автоматизировать этот процесс и вербализовать знания эксперта (в т.ч.- ложные), превратить их в множество правил.

Инструментальная основа - нейросети (НС): необходимо научить НС на примерах тому, что умеет делать эксперт, а затем проанализировать эту сеть с помощью программы и извлечь из нее знания в виде правил.



# ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ

## 2. Использование рефлексии

(систематическое исследование средств и оснований собственной деятельности с целью поиска ограничений).

Основания для формализации и алгоритмизации - методы инженерии знаний, **ориентированные на выявление предрассудков**, а не истинных знаний.

Инструментальные средства инженерии знаний.

## 3. Моделирование интуиции.

Основания для формализации и алгоритмизации – обработка образной информации

Инструментальные средства – нейросети, средства обработки нечеткой информации

# РЕФЛЕКСИЯ

**Рефлексия:** направленное исследование средств и оснований собственной деятельности с целью поиска ограничений и выхода за их пределы - использование обычных методов инженерии знаний, но ориентированных на выявление предрассудков, а не истинных знаний.

**В математике:** способность некоторой операции или отношения обращаться на самих себя / «быть равным», «быть параллельным»/.

**В психологии и философии:** способность человеческой мысли обращаться на себя, превращать мысль в объект мышления /самосознание, самоуправление, целеполагание и т.д./

# РЕФЛЕКСИЯ

**Рефлексия: разновидность положительной обратной связи, обеспечивающей лавинообразное развитие процесса /Г.А.Голицин/**

обеспечивает **существенное ускорение** темпов биологической эволюции по сравнению с темпами эволюции неорганического мира.

Моделирование рефлексии может стать одним из **ключевых моментов** в эволюции **искусственных ИС.**

# РЕФЛЕКСИЯ

**Гипотеза:** рефлексия — свойство, присущее управляющему взаимодействию как таковому.

Управляющая система при получении информации о своем состоянии в принципе может управлять не только внешними объектами, но и сама собой.

Рефлексию способствует **превращению средства в цель** - обратное движение по причинной цепочке от следствия к причине.

# РЕФЛЕКСИЯ

## Примеры рефлексивных преобразований

Железо первоначально выступало как готовый природный материал, но по мере истощения природных источников человек перешел к выплавке железа из сырья (железной руды): **преобразование железа из средства в цель деятельности.**

Подобным же образом от собирания диких трав и корней человек перешел к их целенаправленному выращиванию,

от использования естественных диких видов животных — к их искусственной селекции

# РЕФЛЕКСИЯ

**Выход за пределы исходных ограничений у человека осуществляется за счет:**

**мобилизационных механизмов;**

**языка и моделей:** предпосылкой служит отражение средств и оснований собственной деятельности в кодах какого-то более высокого управляющего уровня (в знаках, словах, формулах, моделях, реализуемых на различных уровнях абстракции).

На этом уровне возможно ненаправленное расширение исходного множества реакций и выход за его пределы путем таких операций, как перебор вариантов, различные разновидности «мозговой атаки» и т.п.

Расширение разнообразия идет уже не на уровне самих реакций, а на уровне знаков

# РЕФЛЕКСИЯ

**логических построений:** исходя из заданных условий, человек может путем логических рассуждений придти к состоянию, которое лежит за пределами ограниченного исходного множества, противоречит его опыту и представлениям.

## **Рефлексия для эволюции искусственных систем**

Роль метазнаний (знаний о знаниях) в процессе управления и решения задач. Обычно под метазнаниями понимают, в том числе и знания системы о себе самой, позволяющие явно формулировать возможности и ограничения системы [Попов и др., 1996].

# Частичное моделирование рефлексии в ЭС

ЭС как система управления процессом поиска решения задач должна уметь не только использовать свои знания, но и обладать способностью **"понимать"** и **исследовать их**.

Т.е, ЭС должна иметь знания о том, как представлены ее знания о проблемной области.

Если знания о проблемной области назвать знаниями первого уровня, то второй уровень содержит метазнания, т.е. знания о том, как представлены во внутреннем мире системы знания первого уровня.



# ИНТУИЦИЯ

**Первые 2 подхода – выявление и устранение предрассудков**

**Интуиция — технология решения творческих задач, которая позволяет преодолевать предрассудки, не осознавая их [Голицын и др., 1996а].**

В таком же контексте **интуиция** рассматривается в работе [Психология, 1990]: «...как необходимый, внутренне обусловленный природой творчества момент выхода за границы сложившихся стереотипов поведения и, в частности, логических программ поиска решения задачи”.

**ОБРАБОТКА ОБРАЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ –  
ОСНОВНАЯ ПРЕДПОСЫЛКА РЕАЛИЗАЦИИ  
ТЕХНОЛОГИИ РЕШЕНИЯ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТУИЦИИ.**

# ИНТУИЦИЯ

## Логический метод формирования представления

Заданные признаки представления объединяются путем конъюнкции - решающие множества пересекаются.

## Ситуация в традиционной (четкой) логике:

- если предпосылки не противоречат друг другу, то пересечение конъюнкций приводит к единственному решению;
- если какие-то две предпосылки противоречат друг другу, то соответствующие множества не пересекаются — множество решений оказывается пустым.

В частности, если одна из предпосылок является ложной, то она может вступить в противоречие с одной из истинных предпосылок — тогда система заходит в тупик и останавливается;

- **наихудший случай - противоречащая предпосылка отсутствует среди истинных, логическая система порождает ложный вывод.**

# ИНТУИЦИЯ

**При обработке образов ( в нечеткой логике)  
положение лучше:**

вероятность принадлежности (функция принадлежности) к данному множеству нигде не обращается в нуль.

Ложная предпосылка и здесь задает ложное множество решений.

Но множество это является нечетким и потому не исключает возможности других решений. Конъюнкция с другими, истинными предпосылками не приводит систему в тупик, множество решений никогда не остается пустым.

**Ложная предпосылка создает определенный порог для правильного вывода, но порог этот в принципе преодолим под действием новых фактов .**

# ИНТУИЦИЯ

**Преодоление порога под действием новых фактов** - есть процесс переучивания системы, изменения рельефа плотности распределения вероятностей в пространстве признаков.

Возможно только на **основе образного мышления** благодаря наличию в нем **кумулятивного эффекта** - повторение условий задачи ведет к тому, что вероятность  $p(x,y)$  растет и рано или поздно преодолевает порог, создаваемый конкурирующими представлениями ( в том числе ложным исходным представлением).

# ИНТУИЦИЯ

Память человека — система **неравновесная**: приток и отток информации (забывание).

Важная роль **концентрации признаков** и высокого уровня **конкретности представления**, достигаемое при образном мышлении.

Из-за оттока информации и порогового эффекта разрозненное последовательное предъявление отдельных абстрактных признаков представления **не равносильно действию целостного конкретного образа**

Отдельные признаки создают только абстрактные, неконкретные представления, которые не способны создать нужную концентрацию вероятности.

# ИНТУИЦИЯ

**Предъявление конкретного образа (реальных объектов внешнего мира) стимулирует спонтанную дальнейшую конкретизацию образа.**

В процессе решения творческой задачи в поле внимания субъекта постоянно попадают такие внешние объекты, которые обладают некоторыми (но не всеми) признаками решения и потому способны влиять на вероятность искомого представления.

Чем больше признаков решения они содержат, тем более конкретное представление создают, тем выше вероятность, что искомое решение преодолет порог.

**Такой объект играет роль подсказки.**

Литература по психологии творчества полна примерами таких подсказок [Golitsin and other, 1995].

# ИНТУИЦИЯ

Работа интуиции описывается информационными закономерностями, среди которых важнейшими являются условия преодоления порога:

$$p_{ij} = p_{i0} p_{0j} / p_{00} \cdot 1 + \exp(-1 - \beta(r_{ij} - R)) ,$$

где  $p_{ij}$  - вероятность комбинации переменных  $(x_i, y_i)$ ,

$p_{i0}, p_{0j}$  – вероятности неадекватных реакций соответственно на  $x_i$ , и  $y_i$

$p_{00}$  – вероятность, характеризующая частоту ответа на комбинацию переменных  $(x_0, y_0)$  (контраст, фон) ,

$\beta$  – множитель Лагранжа,

$r_{ij}$  - ресурс, затрачиваемый на комбинацию переменных  $(x_i, y_i)$  ,

$R$  - общее количество располагаемых системой ресурсов.

# ИНТУИЦИЯ

Интуиция: переход из подсознания в сознание

Интуиция переводит подпороговое, неосознаваемое представление через порог, делает его достоянием сознания. Условия преодоления порога являются одновременно условиями, стимулирующими работу интуиции и способствующими поиску решения.



# ИНТУИЦИЯ

- **Фиксация и повторение стимулов (условий задачи)**, что формально описывается как увеличение вероятности комбинации  $p(x_i, y_i)$
- **Отсутствие «вредных привычек»** - предубеждений, предрассудков, стереотипов и т.п. Формально это означает - низкие значения вероятностей  $p_{i0}, p_{0j}$ , т.е, например, данные условия задачи  $x_i$  не должны быть связаны в памяти субъекта с каким-то «другим» решением  $y_0$ .
- **Мобилизация и концентрация ресурсов** (уменьшение дефицита ресурсов  $\beta$ ). Утомление, истощение, болезнь не способствуют творческим успехам.

# ИНТУИЦИЯ

- **Переключение** - время от времени - на другую, контрастную деятельность, т.е. «другие» реакции на «другие» стимулы. Формально это означает увеличение вероятности  $p_{00}$ , что ведет к снижению порога. Отвлечение, отдых может использоваться как прием решения творческих задач.
- **Облегчение задачи** - уменьшение затрат ресурсов  $r_{ij}$  на устранение всех необязательных факторов, которые требуют затрат, но не помогают решению
- **Роль конкретности** - в процессе решения творческой задачи в поле внимания субъекта постоянно попадают внешние объекты, которые обладают некоторыми признаками решения и выступают в роли подсказки .

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Способность человека к целостному восприятию сложных объектов как простых и неразложимых играет важнейшую роль в поведении человека.
- Эта способность лежит в основе «свертывания» и сокращения того огромного количества информации, которое поступает на наши органы чувств и которое без этого свертывания человек не мог бы использовать.
- Целостное восприятие позволяет человеку подняться над множеством элементов сложной системы и не заниматься ими в отдельности, а иметь дело непосредственно со всей системой как единое целое.

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Нарушение способности к целостному восприятию – агнозия:
- Врач показывает больному букву «Р».
- - Что это за буква?
- Посмотрим... Кружочек... Палочка... Мягкий знак? -Нет.
- Так... Палочка... Кружочек... Может быть, «Б»?- Нет.
- Тогда - «Р»?

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Моделирование агнозии:
- Прорежем в листе картона окошко диаметром 5 мм. Закроем этим листом какую-нибудь картинку (портрет, изображение буквы, предмета, сцены и т.п.) и попросим испытуемого узнать, что изображено, передвигая окошко по картинке.

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- **Протокол**
- Испытуемому предъявлено перечеркнутое «Б».
- Экспериментатор: Что это такое?
- Исп.: Какая-то сложная фигура. Что-то не пойму. Вроде сердца, пронзенного стрелой. Нет, какая-то фигура (1 мин.).
- Эксп.: Это буква, но перечеркнутая.
- Исп.: Посмотрим. Не пойму. То ли вверх ногами, то ли боком. Не пойму. Не знаю. Вроде «Р», но вверх ногами (2 мин. Экспериментатор убирает заслонку).
- Буква «Б» перечеркнутая.

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Трудности человека при познании «большой» системы (незнакомый город, крупное архитектурное сооружение) – из-за ограниченности объема нашего нормального восприятия
- Пять чувств, с помощью которых человек познает мир, это то же окошко, ограничивающее нашу способность к целостному восприятию мира - надо прибегать к рассуждению, к логике и т.п.
- **Будь объем нашего восприятия шире, возможно, эти методы сделались бы ненужными**

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Целостное восприятие позволяет человеку подняться над множеством элементов сложной системы и не заниматься ими в отдельности, а иметь дело непосредственно со всей системой как единое целое.
- ***Можно ожидать обратного эффекта - превращения сложных задач в простые, если мы сумеем расширить объем восприятия по сравнению с нормальным***



# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Средства расширения объема восприятия:
- иерархическая организация самого материала восприятия благодаря переходу от образа к знаку (от букв к словам и предложениям);
- Есть еще одна причина, заставляющая человека перейти от образа к знаку, от интуиции - к логике: **образ может не только помогать решению творческой задачи, но и мешать ему**: если образ ложный – то он же будет усиливаться и закрепляться, что становится серьезной помехой

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Понятие описывает весь класс объектов, образ - только один объект этого класса, но объект **ТИПИЧНЫЙ** для этого класса (имеет только **одно** значение каждого из признаков)
- Выступая как представитель класса, образ заставляет нас принять его частные свойства за общие - сужение круга рассматриваемых представлений, что опасно, когда относится не к решению, а к **условиям** творческой задачи.

# ФЕНОМЕН ЦЕЛОСТНОСТИ

- Решение творческой задачи требует **расширения** круга рассматриваемых представлений, в то время как для образного мышления характерно **сужение** этого круга.
- **Переход к гибридным ИС, основанным на совместном моделировании рассудочного и образного мышления**

# ПРЕИМУЩЕСТВА ЗНАКА

- **1) Независимость знака.**
- Основа этого преимущества – в самой природе знака как средства *обозначения*, т.е. произвольного соотнесения знака с предметом.
- Форма образа привязана к форме предмета; знак независим от нее. Слово «кошка» ничем не похоже на реальную кошку, оно не вызывает представления о кошке у человека, не знающего русский

# ПРЕИМУЩЕСТВА ЗНАКА

- **2) *Разнообразие связей с предметом.***
- *Знак может* представлять не только отдельный предмет, но и совокупность предметов (столь большую, что ее невозможно представить в виде образа), и явление, не имеющее видимого образа (длина, скорость не привязанными ни к какому предмету, но их можно обозначить символами и благодаря этому *мыслить* отдельно от предметов).

# ПРЕИМУЩЕСТВА ЗНАКА

- **3) Жесткая форма знака.**
- В обществе существует целая система мер: с одной стороны - нормативные документы, задающие нормальную форму знака (азбуки, словари, каталоги знаков и т.п.); с другой - различные социальные механизмы защиты знака и наказания для тех, кто искажает его форму (низкие баллы в школе, ограничения в приеме на работу, и пр.). Большую роль сыграло изобретение письменности, а затем - книгопечатания.
- Жесткость знака позволила сделать **символьное мышление более надежным, чем образное**, строить более длинные цепи рассуждений без потери их достоверности. Только благодаря этому стали возможны логика и математика

# ПРЕИМУЩЕСТВА ЗНАКА

- **4) Большая точность** в представлении количественных величин: трудно отличить образ 99 точек от образа 100 точек, представляющие их знаки легко различимы.
- **5) Экономия ресурсов.** Более экономное использование ресурсов, чем при образном представлении предметов.

# ПРЕИМУЩЕСТВА ЗНАКА

- **6) Рефлексивность:** возможность использовать знак для обозначения другого знака или группы знаков. Это свойство позволяет строить иерархию знаков, обозначать сложные знаковые структуры одним знаком. Пример: трудно отличить число **10000000000000000** от **10000000000000000** - приходится считать нули. Но благодаря рефлексивности знаков можно обозначить число знаков (нулей) новым знаком и написать  **$10^{16}$**  и  **$10^{15}$** .
- Способность к переобозначениям и подстановкам позволяет создавать **развитые дедуктивные системы**, охватывающие и связывающие в единое целое широкие области фактов.



# Формализация эмоций

- При генерации решений творческих (и других сложных ) задач исключительное значение приобретает их оценка с помощью некоторого внутрисистемного критика (механизмы эмоций) .
- Важнейшая функция эмоций - определение отношения (положительного или отрицательного) субъекта к объектам внешней среды с целью удовлетворения потребностей (решения задач) в процессе поведения.
- То-есть, эмоции – инструмент квазиоптимального управления поведением, обобщенные силы, направляющие субъект к скорейшему достижению максимума его целевой функции ( взаимная информация между реакциями субъекта и свойствами его окружения).

# Формализация эмоций

- Если поведение субъекта направлено на максимизацию некоторой целевой функции, то увеличение этой целевой функции должно сопровождаться положительными эмоциями, уменьшение — отрицательными.
- Далее на основе принципа максимума информации вводится алгебра эмоций как алгебра оценок. Используя свойство рефлексивности оценок, строится дерево эмоций.

# Формализация эмоций

Согласно принципу максимума эмоции  $e$  рассматриваются как средства оптимального управления поведением системы (субъекта), направляющих ее к достижению максимума ее целевой функции  $L_i$  (максимума взаимной информации между условиями среды и реакциями системы):

$$e = dL_i/dt = dL_i/dx_i \cdot dx_i/dt, \quad (1)$$

где  $dL_i$  означает изменение  $L$ , обусловленное изменением переменной  $x_i$ .

Однако таким образом определяются только первичные эмоции (удовольствие и страдание), обусловленные непосредственно изменением  $L$ . Более сложные формы эмоций определяются отношением субъекта к этим первичным эмоциям

# Алгебра эмоций

- Существует гипотеза [**Golitsyn, 1995**], что алгебра эмоций исторически сложилась задолго до алгебры чисел и реализуется она в мозгу человека с помощью нейроподобных/ распределенных вычислительных структур, задача которых оперировать оценками (причем, в области как материальных, так и нематериальных благ: поступков, мыслей).
- В соответствии с принципом максимума оценку введем как отношение:  $c_{ij} = dx_i/dx_j$ , (2)  
где  $dx_i$ ,  $dx_j$  - приращение значений переменных  $x_i$ ,  $x_j$ .
- Тогда оценка - это относительная ценность единицы  $dx_j$ , выраженная в единицах  $dx_i$ . Например, если  $dx_j$  - товар, а  $dx_i$  - деньги, то  $c_{ij}$  - цена единицы товара, выраженная в деньгах. А согласно выражению (1), эмоция это оценка единицы времени  $dt$  в единицах такой переменной как целевая функция  $dL$

# Алгебра эмоций

При построении алгебры эмоций (оценок) как любой алгебры необходимо обеспечить вычисление величины и знака сложной эмоции с помощью некоторых операций над простыми эмоциями. В качестве таких операций на множестве оценок введем следующие три операции:

1. Сложение оценок.
  2. Умножение оценки на оценку.
  3. Умножение оценки на число.
- Для построения алгебры необходимо еще существование среди оценок единицы и нуля, что при определении оценки в виде выражения (2) выполняется. Последнее означает, что будут существовать и элементы множества (оценки), обратные друг другу. Необходимость обратных величин — это и есть общее основание для существования отрицательных оценок (эмоций).

# Алгебра эмоций

- Если представить получаемую вычислительную структуру в виде сети, то операция сложения (в общем случае — взвешенного) реализуется посредством параллельного соединения ее звеньев, когда несколько входных переменных  $x_i$  воздействуют на одну выходную  $x_j$  :
- $$dx_j = \sum_i c_{ij} dx_i \quad . \quad (3)$$
- Операция умножения оценок осуществляется путем последовательного соединения звеньев, когда выход  $x_j$  одного звена служит одновременно входом следующего звена  $x_i$ :
- $$dx_k = dx_k / dx_i \quad dx_i = dx_k / dx_j \quad dx_j / dx_i \quad dx_i = c_{ki} dx_i = c_{kj} c_{ji} dx_i \quad (4)$$
- Из (4 ) следует:
- $$c_{ki} = c_{kj} c_{ji} \quad (5)$$

# Алгебра эмоций

При оперировании с оценками (эмоциями) в большинстве случаев важен знак, а не величина. Введем обозначение знака оценки (плюс, минус) — «справа сверху» от оценки. Знак произведения определяется по известным правилам алгебры (так, минус на минус дает плюс, т.е.  $c_{ki}^+ = c_{kj}^- c_{ji}^-$  (5) )

Один из возможных способов интерпретации введенных операций с помощью реальных отношений.

Основным отношением является отношение субъект — объект. Субъект — это оценивающая сущность, обладающая целевой функцией, объект — оцениваемое. Но в силу рефлексивности понятия оценки (оценка оценок), она может обращаться на самого субъекта. Тогда его оценка становится объектом новой оценки, что формально выражается в виде перемножения оценок.

# Дерево эмоций

- Подход к эмоциям как к системе оценок позволяет построить дерево эмоций (классификацию) на основании рефлексивности оценок. Способность воспринимать чувства другого и претворять эти чувства в форму эмоций является основой развития самой системы эмоций, от простых до сложных.
- Первичной переменной в дереве эмоций является целевая функция  $L_i$  субъекта  $i$ , а исходной величиной для оценки - скорость ее изменения  $dL_i/dt$ , которая согласно исходным предположениям является простейшей эмоцией  $e_i$ : положительной (“удовольствие”  $e_i^+$ ) или отрицательной (“страдание”  $e_i^-$ ). Увеличение  $L_i$  сопровождается положительной эмоцией, уменьшение – отрицательной.



# Дерево эмоций

- Согласно гипотезе Г.А.Голицына [**Голицын и др., 1991**], взаимосвязи между эмоциями реализуются в виде распределенной вычислительной структуры/сети. В силу этих связей первичная эмоция воздействует на другие переменные и задает им соответствующий знак(+ или -).
- Пусть, например, состояние субъекта  $i$  связано с состоянием субъекта  $j$ . Если  $e_i$  - эмоция, испытываемая субъектом  $i$ , а  $c_{ji}$  - оценка субъекта  $i$  субъектом  $j$ , тогда величина
- $$e_{ji} = c_{ji} e_i \quad (6)$$
 может быть интерпретирована, как оценка субъектом  $j$  эмоции, переживаемой субъектом  $i$ .

# Дерево эмоций

- Принимая во внимание только знаки эмоций и отношений, получаем четыре возможных эмоций.
- 1.  $e_{ji}^+ = c_{ji}^+ e_i^+$ .  
Субъект  $i$  испытывает удовольствие, а субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  положительно, и потому радуется его удовольствию. Таковую эмоцию субъекта  $j$  можно назвать **сорадость, радоваться за другого**.
- 2.  $e_{ji}^- = c_{ji}^- e_i^+$ .  
По прежнему субъект  $i$  испытывает удовольствие, но субъект  $j$  относится к нему отрицательно и потому испытывает по этому поводу страдание. Эмоцию субъекта  $j$  можно охарактеризовать как **зависть, досада**.

# Дерево эмоций

- 3.  $e_{ji}^- = c_{ji}^+ e_i^-$ .

Субъект  $i$  испытывает страдание, субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  положительно, и потому его страдание доставляет ему огорчение, т.е., эмоция субъекта  $j$  - ***сочувствие***.

- 4.  $e_{ji}^+ = c_{ji}^- e_i^-$ .

Субъект  $i$  испытывает страдание, а субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  отрицательно и потому испытывает радость по этому случаю. Эмоцию субъекта  $j$  можно именовать как ***злорадство***

# Дерево эмоций

- Если в систему оценок ввести **третьего субъекта k**, который наблюдает за субъектами j и i и дает оценку чувствам последнего, то формула такой оценки может быть представлена в виде:

- $$e_{kji} = c_{kj} c_{ji} e_i , \quad (7)$$

где  $c_{kj}$  - оценка субъекта j субъектом k;

$c_{ji}$  - оценка субъекта i субъектом j,

- Заметим, что кроме *опосредованного* отношения к субъекту i (через субъекта j) у субъекта k может быть и собственное *непосредственное* отношение  $c_{ki}$  к субъекту i. Поэтому результирующая эмоциональная оценка ситуации субъектом k будет равна сумме обеих оценок — опосредованной и непосредственной:

$$e_k = c_{kj} c_{ji} e_i + c_{ki} e_i = (c_{kj} c_{ji} + c_{ki}) e_i \quad (8)$$

# Дерево эмоций

- Формулы (7), (8) позволяют получать сложные, опосредованные эмоциональные оценки на основе простых и непосредственных.

Например, радость субъекта  $j$  по поводу страданий субъекта  $i$  (“злорадство”) может оцениваться субъектом  $k$  как положительно, так и отрицательно — в зависимости от того, каковы оценки самих субъектов  $i$  и  $j$  субъектом  $k$ .

- Если субъект  $i$  - друг  $k$ , а субъект  $j$  - его враг, то радость субъекта  $j$  будет воспринята субъектом  $k$  негативно (**возмущение**), что соответствует соотношению

$$e_{kji}^- = (c_{kj}^- c_{ji}^- + c_{ki}^+) e_i^- \quad (9)$$

# Дерево эмоций

- Если субъект  $i$  - враг, а субъект  $j$  - друг, то его радость будет воспринята субъектом  $k$  положительно (**с пониманием**):

$$e_{kji}^+ = (c_{kj}^+ c_{ji}^- + c_{ki}^-) e_i^- \quad (10)$$

- Если же оба субъекта:  $i$ ,  $j$  — друзья субъекта  $k$ , то эмоциональная оценка ситуации субъектом  $k$  будет противоречивой. Это будет смесь различных чувств. Соответствующее соотношение оценок в этом случае задается формулой (11):

$$e_{kji}^? = (c_{kj}^+ c_{ji}^- + c_{kii}^+) e_i^- \quad (11)$$

- В целом можно констатировать, что приведенные соотношения оценок достаточно точно отражают здравый смысл.

# Эволюция системы оценок

- Система оценок не остается постоянной — она, подобно многим системам, эволюционирует в сторону централизации: сначала каждый субъект  $i$  непосредственно оценивает другого субъекта  $j$ , исходя из своих личных интересов. Но затем возникает некая авторитетная инстанция  $j$ , которая начинает играть роль **оценочного центра**.
- Такой инстанцией может быть отец/мать в семье, руководитель (часто неформальный) в коллективе, общественное мнение, обычай, идеология, закон, наконец, Абсолютный Авторитет.
- Целевая функция и оценка, даваемые этим Авторитетом, признаются обязательными для всех членов группы. Представление об этом Авторитете в психике субъекта играет роль его нравственного сознания, совести, “сверх-Я”. Авторитет задает некоторое абсолютное начало отсчета для оценок

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрена природа **творческих задач**, характеризующаяся выявлением и разрешением **противоречий** в условиях решаемых задач,

роль интуиции и логики в решении творческих задач.

Выявлена ведущая роль **нейросетевых и нечетких моделей** при компьютерной реализации элементов образного мышления

Сформулированы первые информационные **модели эмоций**, объясняющие их основные свойства и функции.



# ПЕРСПЕКТИВЫ

Исследование свойств и характеристик образного мышления на основе анализа процессов **правостороннего, детского** (наивного), **визуального** (Р. Арнхейм) и **продуктивного** мышления (М. Вертгеймер)

Выделение и анализ операций и процедур образного мышления и интуиции.

Разработка принципов построения **языка образного мышления**

# ПЕРСПЕКТИВЫ

**Компьютерная имитация** важнейших характеристик образного мышления, опирающаяся на определение основных процедур и операций с образами различных модальностей

Разработка концепции исчисления образов

Построение новых архитектур гибридных интеллектуальных систем, основанных на **совместном моделировании рассудочного и образного мышления**

# ЛИТЕРАТУРА

- [Голицын и др., 1991]** Голицын Г.А., Петров В.М. Информация — поведение — творчество. — М.: Наука, 1991.
- [Альтшуллер Г.С., 1991]** Альтшуллер Г.С. Найти идею.- Новосибирск: Наука, 1991.
- [Golitsyn and other, 1995]** Golitayn G., Petrov V. Information and Creation.- Basel: Birkhauser Verlag, 1995.
- [Голицын и др., 1996]** Голицын Г.А., Фоминых И.Б. Нейронные сети и экспертные системы: перспективы интеграции// «Новости искусственного интеллекта». - М., 1996, №4
- [Фоминых, 2002].** Фоминых И.Б. О технологии решения творческих задач.// В сб. трудов 8 Национ. Конф. по искусств. интеллекту “КИИ-2002”, т.1, М.:изд.физ.-мат.литературы, 2002.
- [Фоминых, 2010].** Фоминых И.Б. Еще о решении творческих задач специалистом// В сб. трудов 12 Национ. Конф. по искусств. интеллекту “КИИ-2010”, т.1, М.: Физматлит, 2010.
- [Лобанова]** Лобанова Т. Методика правополушарного рисования// <http://www.risuem3000.ru>

## ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- Образ формируется не только в ответ на слова типа "дом", "собака", "дерево", но и на слова, которые не имеют образного денотата в окружающем мире. Например, вам говорят "богатство", "здоровье", "скука", и у вас обязательно возникают образы.
- Можно выдвинуть гипотезу: подобно тому, как в основе понятийной, символично-логической системы лежит некая **внутренняя конструкция, образующая эту систему** (связанная с понятием, высказыванием, суждением, рассуждением, аргументацией), в основе образной системы также должна лежать какая-то аналогичная система образующих.

## ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- У человека сначала формируется образная система, а потом понятийно-логическая, а у компьютера все наоборот. Понятийно-логическая система в каком-то грубом приближении уже реализована, но мы только сейчас приближаемся к тому, чтобы в компьютере реализовать образную систему восприятия мира и представления о нем.
- По утверждениям психологов, у человека сначала возникает единый образ – гештальт, а потом из него все вытекает. Тогда возникает следующий вопрос: а как сам гештальт образуется?
- Вначале опишем, как все происходит в дедуктивной системе. Сама система "натянута" на некую конструкцию, называемую "схемой дедуктивного вывода«("формальной системой«), где всегда есть: а) базовые элементы; б) синтаксические правила в) аксиомы; г) правила умозаключения.

## ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- При формировании гештальта тоже должна присутствовать некоторая «система образующих», **встроенная от рождения.**
- Две гипотезы, основополагающие для того, что связано с нашей образной системой познания: **"принцип равновесия", "принцип простоты".**
- Из первой вытекает задача поиска ситуаций, обеспечивающих достижение равновесия, или объяснения неравновесности в рамках более равновесного образа.
- Согласно второй: у человека есть **врожденная** система эталонов, которые для него просты. Для геометрических фигурах – квадрат и круг, для направлений - диагональное направление слева направо и вверх – это стандартный эталон возрастания, увеличения, а справа налево и вниз – убывания, уменьшения.

# ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- В перцептивном образе в качестве составляющих, определяющих его *адекватность*, выступают как раз те внутренние компоненты, которые обсуждались. **Ощущение равновесия. Ощущение симметрии. Ощущение простоты формы. Ощущение "веса", значимости.**
- Мы должны отразить объект в ощущениях, чтобы построить перцептивный образ. Все эти составляющие вместе с объектом-оригиналом и определяют перцептивный образ. Без объекта-оригинала и системы врожденных эталонов образ невозможен

# ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- Эквивалентом понятия истинности в образах является *красота*. Красота в образе (как и красота теории) есть удовлетворение тем исходным принципам, о которых шла речь – равновесие, простота, объяснимость и т.д.



## ПОСПЕЛОВ Д.А. Метафора, образ и символ в познании мира

- Если строить *логику перцептивных образов*, то она будет отличной от *логики формирования понятий*, хотя бы в силу двух кардинальных различий между образами и понятиями:

целостности восприятия и существования эталонных образов. Я сначала воспринимаю все *целиком*, потом, раскладываю на части, а не собираю целое из частей.