

УДК 007.5

## ИНЖЕНЕРИЯ ОБРАЗОВ, ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ, ЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ

**И.Б. Фоминых**

Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия  
igborfomin@mail.ru

### Аннотация

В статье описаны некоторые итоги развития и отражения образного мышления и интуиции специалиста в системах искусственного интеллекта. Рассматриваются вопросы построения инженерии образов, в том числе основные отличия образа от понятия, в особенности, различия между образным и понятийным механизмами обработки информации (решения задач). Показана ведущая роль нейросетевых и нечётких моделей при компьютерной реализации элементов образного мышления. Раскрывается природа творческих задач, характеризующаяся выявлением и разрешением противоречий в условиях решаемых задач. Особое внимание уделено роли интуиции и эмоций в решении творческих задач. Обсуждаются важные функции эмоций как инструмента управления поведением, средства мобилизации творческих ресурсов и механизма оценки типа внутрисистемного критика. Вводится алгебра эмоций, позволяющая вычислять величину и знак сложной эмоции с помощью простых операций над её составляющими. Строится бинарное дерево эмоций на основании рефлексивных оценок. Определяются основные характеристики эмоциональных состояний. Новизна работы связана с развитием аппарата алгебры эмоций, энтропийного описания характеристик эмоциональных состояний и построения дерева эмоций как способа определения вторичных эмоций путём оценок успехов или неудач других людей.

**Ключевые слова:** инженерия образов, творческая задача, противоречие, интуиция, рефлексия, поиск решения, алгебра эмоций, эмоциональные состояния, дерево эмоций.

**Цитирование:** Фоминых И.Б. Инженерия образов, творческие задачи, эмоциональные оценки / И.Б. Фоминых // Онтология проектирования. – 2018. – Т. 8, №2(28). – С.175-189. – DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-2-175-189.

### Введение

20 лет назад, в марте 1998 года, по инициативе профессора Д.А. Поспелова в г. Переславль–Залесский состоялся научный семинар «Отражение образного мышления и интуиции специалиста в системах искусственного интеллекта», задавший импульс развитию новой парадигмы искусственного интеллекта (ИИ), предполагающей интеграцию логических и образных представлений. В статье сделана попытка подвести некоторые итоги этого развития.

Как неоднократно отмечалось (см., например, [1-3]), в основе человеческого механизма познания лежит гибридная интеллектуальная когнитивная система, в которой образная (правополушарная) и символично-логическая (левополушарная) компоненты тесно связаны. Полушария по-разному воспринимают явления окружающей среды, различна их роль в творческой работе мозга, неодинаково их отношение ко времени, какими-то свойствами обладает только одно полушарие, другими — оба, но в разной степени, и все эти связи взаимодействуют сложнейшим образом. Специализация полушарий заключается не только в характере обрабатываемой информации, но и в самом процессе обработки. Левое — действует пошагово, логически последовательно [4]. Большинство реальных задач, решаемых при управлении, проектировании, прогнозировании, мониторинге и т.п. — всегда многофакторные со сложной корреляцией параметров, и критерии оценки результата часто неоднозначны, а ино-

гда и противоречивы. Отсюда возникают сложности в принятии решения, особенно при жёстких ресурсных ограничениях и наличии Не-факторов<sup>1</sup>. Напротив, при активации правого полушария процесс поиска решения — высокоскоростной, без пошаговой логики и, как правило, без *фиксации в сознании*. При этом человек испытывает эмоциональный подъём, вдохновение, обостряется его чувственно-эмоциональное восприятие.

## **1 Инженерия образов**

Предварительно дадим краткий обзор идей и соображений участников упомянутого семинара 1998 г., связанных с проблемами отражения образного мышления в интеллектуальных системах и реализацией инженерии образов.

В [3] Д.А. Поспелов пишет, что в ИИ для моделирования образных компонентов мышления в перспективе следует перейти от одной системы понятий к другой системе понятий, связанных с целостностью и кумулятивностью образа, его равновесием и простотой, распределённостью и динамикой. По его мнению, уравновешенность зрительного образа является аналогом истины в логике, а идея его фокусировки и стабилизации путём упрощения непосредственно связана с наличием у человека системы врождённых эталонов. Следуя таким представителям школы гештальт-психологии как М. Вергеймер и В. Кёлер, он полагает, что образ есть целостный гештальт, и в этом состоит его кардинальное отличие от понятия. В символично-логических моделях ИИ из одних утверждений выводятся другие. Но в ИИ практически отсутствуют механизмы порождения образов из других образов.

В [5] О.П. Кузнецов наряду с целостностью образа выделяет быстроту обработки образов человеком и связывает её с «врождёнными нейротехнологиями». В результате им был построен аппарат псевдооптических нейронных сетей как модель работы с системами образов.

В [6-8] Ю.Р. Валькман справедливо отмечает, что содержание термина «образ» (image) у психологов, занимающихся исследованием образного мышления, существенно отличается от образов в кибернетическом понимании (в теории распознавания образов); фактически в кибернетике образ определяется через набор признаков, так же, как и понятие в логике. В психологии же образ есть целостное субъективное представление объектов окружающего мира.

Образ есть мысленная картина, идея или впечатление. Образное мышление совершается в форме связи и сочетания образов. Его основная функция состоит в создании чувственных (вторичных) образов и оперировании ими в процессе решения задач.

В психологии понимание механизмов создания различных образов опирается на психические функции и процессы. Так в [9] В.Б. Тарасовым были указаны следующие характеристики психических образов:

- двуединая природа, функциональный дуализм (образ как продукт отражения и регулятор действия), с чем связана идея его квантования, т.е. выделения адекватного задаче уровня регуляции и соответствующего когнитивного интервала;
- многоуровневое строение образов в когнитивной системе – восприятие, представление, воображение;
- возможность построения антиципирующих образов, т.е. образов будущего (опережающее отражение по П.К. Анохину);
- сопоставление текущего образа с эталонным (образ-цель).

---

<sup>1</sup> О «Не-факторах» см., например, статью в 1-ом номере журнала за 2018 год: *Валькман Ю.Р., Тарасов В.Б. «От онтологий проектирования к когнитивной семиотике», а также работу Нариньяни А.С. «Инженерия знаний и НЕ-факторы: краткий обзор 08» - <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/ne-faktor.htm>. Прим. ред.*

Рассмотрим образы восприятия, представления и воображения [6-10]. *Восприятие* есть целостное отражение предметов, ситуаций и событий, возникающее при непосредственном воздействии объектов внешнего мира (раздражителей) на систему рецепторов. Соответственно, *образ восприятия* формируется при непосредственном внешнем воздействии и подразумевает наличие физического объекта-оригинала. Его ключевой характеристикой является константность, т.е. относительная независимость образа объекта от изменения внешних условий его наблюдения.

Следующий уровень когнитивной системы – это уровень *представлений*, к которым относятся образы предметов, событий, ситуаций, возникающие в памяти (на основе процессов припоминания). Представление есть вторичный, опосредованный образ, который, как правило, формируется на основе многократного восприятия объекта-оригинала, но без текущего воздействия внешних раздражителей на органы чувств. *Образ-представление* выступает как своего рода мост между восприятием и образным мышлением.

Наконец, *образ воображения* есть также вторичный образ, который возникает без непосредственных внешних воздействий, опирается на процессы порождения образов из образов и относится к будущему. Это вымышленный образ, никогда ранее не воспринимавшийся и часто не имеющий аналогов в окружающей действительности. Именно с такими образами связывают продуктивное, творческое мышление. Воображение предполагает погружение человека в свой внутренний мир и создание в нём образов, картинок и идеалов.

Важнейшим механизмом, обеспечивающим переходы между когнитивными уровнями, является грануляция информации, связанная с процессами абстрагирования (в частности, создания образца) и конкретизации (приведения примера, иллюстрации чего-либо) [10].

В [11] Б.А. Кобринским было предложено понятие «образный ряд». Определённому зрительному образу или вторичным образам, возникающим при воспоминаниях, может соответствовать множество близких изображений, которые можно рассматривать как образный ряд. Такие ряды можно трактовать как когнитивные фреймовые структуры, где фрейму соответствует типичный представитель образного ряда (архетип), а слотам соответствуют образы данного типа, различающиеся по отдельным невербализуемым или трудно вербализуемым характеристикам. Большой интерес представляет создание наглядных лингво-образных баз знаний на основе образных рядов.

Излагаемая в статье концепция инженерии образов основана на принципе максимума информации, сформулированном Г.А. Голицыным [1, 2]. Принцип максимума исходит из того, что поведение адаптивных систем любой природы (биологических, технических, социальных) требует обеспечения *максимума взаимной информации* для её наилучшей адаптации к среде. Количественной мерой адаптации служит 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  $y$ .

Это выражение имеет достаточно ясный физический смысл: если событие (условие)  $y$  повышает вероятность события  $x$  (так, что  $p(x|y)$  больше  $p(x)$ ), то значит между событиями  $x$  и  $y$  есть связь. И мерой этой связи служит взаимная информация  $I(x,y)$ . Будем рассматривать события  $x$  и  $y$  как реализацию значений некоторых случайных дискретных переменных  $X$  и  $Y$ . В общем случае переменные  $X$ ,  $Y$  являются векторами. Теперь среднюю взаимную информацию между переменными  $X$  и  $Y$  можно определить следующим образом:

$$I(X,Y) = \sum_x \sum_y p(x,y) \log [p(x|y)/p(x)] = \sum_y p(y) \sum_x p(x|y) \log [p(x|y)/p(x)] = H(X) - H(X|Y),$$

где  $H(X) = - \sum_x \sum_y p(x,y) \log p(x)$  - безусловная энтропия (разнообразие или собственная информация, содержащаяся в  $x$ );

$H(X/Y) = - \sum_x \sum_y p(x,y) \log p(x|y) = - \sum_y p(y) \sum_x p(x|y) \log p(x|y)$  - условная энтропия, отражающая наличие помех в «информационном канале», неоднозначностей в связях между  $X$  и  $Y$  или «разнообразие ошибок», возникающих при передаче информации между  $X$  и  $Y$ .

Тогда справедливо следующее соотношение:

$I(X,Y) = \sum_x \sum_y p(x,y) \log [p(x|y)/p(x)] \rightarrow \max$ , где  $X, Y$  - случайные дискретные переменные.

Итак, взаимная информация представляет собой некоторый функционал качества.

При этом не следует понимать взаимную информацию слишком узко, только как количественную меру полученных «сведений». Это весьма частный случай. В общем случае информация есть некоторая статистическая мера связи между двумя переменными: чем сильнее связь, тем больше взаимная информация. Другой подобной мерой взаимодействия является коэффициент корреляции. Обе эти меры тесно связаны друг с другом, но взаимная информация является в некоторых отношениях более общей и универсальной. Она, например, применима и в том случае, когда переменные не являются упорядоченными множествами.

Кроме того, К. Шеннон [12], вводя свою меру информации, опирался на понятие вероятности. Это было связано с природой тех задач в технике связи, из которых выросла теория информации. Однако позднее А.Н. Колмогоров показал [13], что величину  $p(x)$  не обязательно интерпретировать как вероятность. Под ней можно понимать «относительную долю», «концентрацию», «частоту», с которой значение  $x$  встречается среди других значений. Такая интерпретация, сохраняя формальный аппарат и основные выводы теории информации, в то же время значительно расширяет сферу её приложения. В частном случае,  $p(x)$  может рассматриваться и как вероятность, если мы имеем дело со случайной переменной или можем ввести (хотя бы искусственно) какой-то механизм случайного выбора. Например, интуитивно мы чувствуем, что белая точка на черном фоне - весьма информативный объект, потому что относительная площадь точки мала по сравнению с площадью фона.

В постулируемом подходе ещё важен принцип *положительной* обратной связи. Если в технических системах наиболее широко применяется принцип отрицательной обратной связи, предполагающий управление по критерию минимизации нежелательных отклонений или рассогласований между входными и выходными сигналами, то в биологических системах ведущее место занимает принцип положительной обратной связи, основанный на идее желательности отклонений. Взаимная информация  $p(x,y)$  при некоторых условиях может увеличиваться быстрее, чем вероятности  $p(x)$  и  $p(y)$  в отдельности. После преодоления некоторого порога по принципу положительной обратной связи получаем максимум.

В чём состоят основные различия между образом и понятием?

Исходя из вероятностной концепции, основное различие между образом и понятием состоит в том, что понятие есть совокупность объектов и моделируется некоторым равномерным распределением, а образ - холмообразным. Следствием этого различия в распределениях является то, что образ обеспечивает более высокое значение вероятности  $p(x,y)$  по сравнению с понятием, позволяющим преодолевать порог и запоминаться. В многомерном пространстве признаков распределение вероятности для образа выглядит как некий «гиперхолм», для понятия - как «гиперплато». Конечно, это идеальные формы образа и понятия. На практике встречается множество промежуточных форм. Из этого же различия вытекают главные особенности образа по сравнению с понятием: определённость, ассимиляция, кумулятивность, целостность, конкретность образа и абстрактность понятия [2].

*Определённость образа.* Образ отличается от понятия прежде всего значительно большей определённой своих признаков. Например, если понятие яблока включает в себя яб-

локи красные, жёлтые, зелёные (что делает признак «цвет» неопределённым), то образ яблока может обладать только одним значением этого признака, например, быть красным. То же относится к другим признакам (размер, вкус и пр.) В общем случае это означает, что образу в пространстве признаков соответствует относительно малая окрестность, а характерным распределением вероятностей для него является гиперхолм в  $n$ -мерном пространстве признаков, для понятия – это гиперплато (равномерное распределение). Соответственно «типичному» образу (в нашем примере красному яблоку) соответствует вершина холма (наиболее информативный образ).

Одно из основных формальных различий между образом и понятием состоит в том, что для образа производная  $dp/dy$  отлична от нуля почти всюду, за исключением вершины холма, где производная обращается в нуль. Для понятия производная  $dp/dy$  равна нулю почти всюду, за исключением границ области, где она не определена.

*Ассимиляция.* Эта особенность образа тесно связана с понятием аттрактора: в том смысле, что вершина холма как точка наибольшей информативности притягивает соседние точки (значения признаков), ассимилируя близкие представления. Поэтому типичный образ и способен замещать множество близких образов. Эффект ассимиляции делает образ малочувствительным к небольшим отклонениям своих признаков. Получается своего рода эффект воронки, когда всё, что попадает в ближайшую окрестность образа, как бы наслаивается, т.е. ассимиляция является своеобразным механизмом обобщения при сохранении определённости образа. В отличие от образа у понятия подобных аттракторов нет. Единство понятия обеспечивается не эффектом ассимиляции, а семиотическим путём, с помощью общего знака, который ассоциируется со всеми комбинациями признаков, входящих в понятие, и служит их представителем.

*Кумулятивность.* Важное различие между образом и понятием состоит в том, что повторение образа меняет его распределение вероятностей, делая его более крутым и высоким. Это определяет кумулятивность образа. Для понятия повторение не имеет смысла - равномерное распределение вероятностей не меняет формы, иначе оно перестает быть равномерным. Из этого следует важный факт: в классической логике принятие или непринятие высказывания определяются его истинностью или ложностью раз и навсегда. И повторение здесь ничего не может изменить. Напротив, в образном мышлении многократное повторение какой-то идеи может перевести её из подпорогового состояния в надпороговое и кардинально изменить отношение к ней субъекта - с негативного на позитивное. Это свойство образа играет важную роль в процессах творчества: простое многократное повторение условий задачи может перевести решение из бессознательного на уровень сознания. Как уже отмечалось, в этом же направлении действует эффект положительной обратной связи, лавинообразно переводящий систему в новое состояние.

*Целостность образа* обеспечивается наличием сильных связей между признаками, которые позволяют по нескольким заданным признакам восстанавливать остальные - отсутствующие или искажённые. Если правильно задаётся хотя бы одна из координат вершины гиперхолма  $x$ , то тем самым определяются наиболее вероятные (наиболее информативные) значения и остальных координат -  $y, z$  и т.д. Этим образ отличается от понятия, которое таким свойством не обладает.

Задав значение одного из признаков понятия, определяется лишь сечение гиперплато, т.е. некоторые диапазоны изменений остальных признаков, из которых ни одно не является предпочтительным. Иначе говоря, признаки образа связаны достаточно прочными ассоциациями, тогда как у понятия такие связи между признаками отсутствуют, признаки существуют в значительной степени независимо друг от друга: задав значение одного, мы не получаем автоматически значений других признаков.

*Конкретность образа и абстрактность понятия.* Как следует из предыдущего, образ спонтанно стремится к наибольшей конкретности, это его наиболее устойчивое состояние. Поэтому множество признаков обычно присутствуют в образе одновременно, их невозможно отделить друг от друга. Обычно при попытке намеренно убрать какой-то признак происходит его спонтанное самовосстановление. Напротив, признаки понятия легко отделяются друг от друга, абстрагируются и могут задаваться и рассматриваться по отдельности. Поэтому понятие может устойчиво существовать на любом, сколь угодно высоком уровне абстрактности, тогда как образ не может быть абстрактным: лишённый части своих признаков, он перестаёт быть образом.

## 2 Творческая задача

Для того чтобы выявить различие между образным и понятийным механизмами обработки информации, дадим определение задачи на языке теории множеств и теории вероятностей. Задачей будем называть такое описание объекта, когда заданы значения только некоторых его признаков (условия задачи) и нужно найти (восстановить) значения остальных его признаков (решение задачи).

Пусть в пространстве признаков имеется некоторое множество возможных решений. Каждое условие (предпосылка) в виде предиката, накладывая на него ограничение, задаёт своё подмножество решений. Конъюнкция условий соответствует пересечению этих подмножеств, внутри которых и должно лежать решение. Как работает классическая, чёткая логика? Если предпосылки не противоречат друг другу, то последовательное нанизывание (конъюнкция) приводит к тому, что пересечение множеств сужается, стягивается к единственному выводу (решению), который и появляется на выходе системы. Если какие-то две предпосылки противоречат друг другу, то соответствующие множества не пересекаются, и возникает тупик - множество выводов (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. Ещё хуже, если такой противоречащей предпосылки среди истинных не окажется — тогда логическая система доходит до конца и выдаёт ложный вывод.

В нечёткой логике (и при обработке образной информации) положение несколько лучше, поскольку здесь принадлежность (или вероятность принадлежности) к данному множеству в принципе нигде не обращается в нуль, хотя может быть весьма малой величиной [14]. Ложная предпосылка и здесь задаёт ложное множество решений. Но множество это является нечётким и потому не исключает возможности других решений. Конъюнкция с другими, истинными, предпосылками не приводит систему в тупик, множество решений никогда не остаётся пустым. Поэтому возможен выход из «подсознания» в «сознание»: постепенное накопление правильных предпосылок и фактов способно повысить правдоподобие верного вывода (лежащего за пределами ложного множества) настолько, что он, в конце концов, преодолеет ложную предпосылку и появится на выходе системы. Ложная предпосылка создаёт определённый *порог* для правильного вывода, но порог этот в принципе преодолим. Для чёткой же логики порог является абсолютным, бесконечно высоким, и вывод, лежащий за пределами принятой однажды ложной предпосылки, остаётся навсегда недоступным.

Если два каких-то подмножества не пересекаются, то множество решений оказывается пустым и соответствующие условия задачи являются противоречивыми. Это как раз *наиболее интересная ситуация*, поскольку большинство нетривиальных творческих задач (например, изобретательских [15]) как раз и содержат противоречия в своих исходных посылах.

Теперь можно сформулировать определение *творческой задачи* как задачи, условия которой выглядят *противоречивыми и несовместимыми*.

Решение творческой задачи означает разрешение противоречия [1, 2], которое является следствием ограниченности исходного множества представлений субъекта. Для решения задачи необходимо выйти за эти пределы. Сложность ситуации состоит в том, что ограниченность исходного множества представлений обычно не осознаётся субъектом, что является следствием некритически усвоенных представлений, *предрассудков*, общим источником которых служит ограниченность опыта субъекта. На базе постулируемого подхода могут быть определены следующие технологии решения творческих задач [16, 17]:

- наблюдение за процессом решения задач экспертом и выявление предрассудков путём анализа его поведения;
- использование рефлексии;
- моделирование интуиции.

В первом случае возможно автоматизировать процесс решения и попытаться вербализовать знания эксперта, в том числе и ложные, превратить их, например, во множество правил. Представляется, что инструментальной основой для такой технологии могут быть нейросети и, в первую очередь, нейронные сети прямого распространения. Необходимо обучить нейронную сеть на примерах тому, что умеет делать эксперт, построив соответствующую обучающую выборку, а затем проанализировать эту сеть с помощью некоторой программы и извлечь из неё знания в виде правил.

*Рефлексию* будем определять как направленное исследование средств и оснований собственной деятельности с целью поиска ограничений. При таком определении в технологии решения задач, основанной на рефлексии, следует использовать обычные методы инженерии знаний, но только ориентированные на выявление предрассудков, а не истинных знаний. Согласно гипотезе Г.А. Голицина [1], рефлексия является разновидностью положительной обратной связи, обеспечивающей лавинообразное развитие процесса.

*Моделирование интуиции.* С точки зрения технологии интуиция — это такая технология решения творческих задач, которая позволяет преодолевать предрассудки, *не осознавая их*. Реализация технологии решения творческих задач с использованием интуиции возможна на основе обработки образной информации. Преодоление порога под действием новых фактов по сути дела является процессом переучивания системы, изменением рельефа плотности распределения вероятностей в пространстве признаков. Оно возможно только на основе образного мышления благодаря наличию в нём кумулятивного эффекта. Уже такой простой приём как повторение условий задачи ведёт к тому, что вероятность  $p(x,y)$  растёт и рано или поздно преодолевает порог, создаваемый конкурирующими представлениями, в том числе - ложным исходным представлением. Поскольку память человека — система неравновесная (существует как приток, так и отток информации), в процессе решения весьма важную роль играет концентрация признаков и высокий уровень конкретности представления. В процессе решения творческой задачи в поле внимания субъекта постоянно попадают такие внешние объекты, которые обладают некоторыми признаками решения и потому способны влиять на вероятность искомого представления. Оптимально было бы найти объект, адекватный всем условиям задачи, но это исключительный случай. Обычно встречается объект, обладающий не всеми, но многими признаками решения, т.е. достаточно конкретный, чтобы помочь искомому представлению преодолеть порог. Именно такой объект нередко играет роль *подсказки*. Обратим внимание, что подсказка эффективна только тогда, когда проделана достаточно большая предварительная работа по формированию искомого представления и его вероятность, хотя и остаётся подпороговой, но всё же достаточно близка к порогу.

Образ - это всегда представление конкретное. Этим он отличается от понятия. Однако часто образ выступает как «типичный представитель» более широкого класса, т.е. *замещает соответствующее этому классу понятие*. Но образ и понятие совершенно по-разному соотносятся с классом описываемых объектов [18]. Если понятие описывает весь класс, то образ - только один объект этого класса, но объект типичный для этого класса. Такой объект, естественно, обладает только *одним* значением каждого из признаков. Выступая как представитель класса, образ невольно заставляет нас принять его частные особенные свойства за всеобщие, что обуславливает сужение круга рассматриваемых представлений, опасное, когда относится не к решению, а к *условиям* творческой задачи.

Итак, решение творческой задачи требует расширения круга рассматриваемых представлений, в то время как для образного мышления характерно сужение этого круга. Следовательно, видеть условия задачи (включая ложное) в образной форме - значит заведомо ограничивать круг своих представлений с риском потерять то, которое ведет к решению. Так что переход от образа к понятию и изображающему его знаку – процесс вполне закономерный. Образы и образное мышление специалиста играют существенную роль в формировании первичных гипотез оценки той или иной ситуации.

### 3 Механизмы эмоций

В протекании творческих процессов ключевую роль играют эмоции. Ещё Л.С. Выготский утверждал, что психология творчества опирается, прежде всего, на исследование эмоций [19]. При генерации решений творческих задач исключительное значение приобретает их оценка с помощью некоторого внутрисистемного критика. В качестве такового могут выступать механизмы эмоций [20]. Как при моделировании рассудочного мышления, так и при моделировании образов важнейшей функцией эмоций является определение отношения субъекта (человека, когнитивного агента) к объектам внешней среды с целью удовлетворения потребностей (решения задач) в процессе поведения. Оно может быть положительным или отрицательным. В результате взаимодействия потребность может менять величину и знак. Поэтому отношение к одному и тому же объекту может меняться на прямо противоположное.

Поскольку эмоции являются инструментом квазиоптимального управления поведением, они играют роль обобщённых сил, направляющих субъект к скорейшему достижению максимума его целевой функции, роль которой в излагаемом подходе играет взаимная информация между реакциями субъекта и свойствами его окружения. Эмоции, по существу, можно считать результатом интегральной оценки ситуации не по всем описывающим её параметрам, которых может оказаться слишком много, а лишь по нескольким наиболее важным характеристикам. Соответственно, эмоции могут «запускать» поведение, не обязательно оптимальное в данной плохо изученной ситуации, но такое, которое в наибольшей степени позволит избежать (пусть с большими потерями) катастрофических последствий превышения некоторого важного (например, временного) ресурса. На основании принятого подхода можно ввести алгебру и классификацию эмоций [21, 22].

#### 3.1 Алгебра эмоций

Алгебра эмоций позволяет вычислять величину и знак сложной эмоции с помощью простых операций над её составляющими. Исходя из некоторых предположений, эта алгебра реализуется в мозгу в аналоговой форме с помощью нейроподобных структур (распределённых вычислительных структур). В сущности, это не что иное как сеть причинных связей.



В общем случае под оценкой будем понимать следующее: если некоторое количество  $dx^i$  обменивается на другое количество  $dx^j$ , то отношение

$$(1) \quad c_{ij} = dx^i/dx^j$$

и есть оценка - относительная ценность единицы  $dx^j$ , выраженная в единицах  $dx^i$ .

Для построения алгебры эмоций (как алгебры оценок) вводятся операции сложения и умножения оценок, умножения оценки на число. Очевидно, что при определении оценки в виде соотношения (1) среди оценок существуют единица и нуль, а это значит, что будут существовать и оценки, обратные друг другу.

Если представить вычислительную структуру в виде сети, то операция сложения (в общем случае — взвешенного) реализуется посредством параллельного соединения её звеньев, когда несколько входных переменных  $x^i$  воздействуют на одну выходную  $x^j$ :  $dx^j = \sum_i c_{ij} dx^i$ .

Операция умножения оценок осуществляется путём последовательного соединения звеньев:  $\hat{a}^k = \hat{a}^k/\hat{a}^i \hat{a}^i = \hat{a}^k/\hat{a}^j \hat{a}^j/\hat{a}^i \hat{a}^i = c_{ki} \hat{a}^i = c_{kj} c_{ji} \hat{a}^j$ . Откуда  $c_{ki} = c_{kj} c_{ji}$ .

В этой работе представляет интерес знак оценок, который будем отражать справа и сверху от оценки, причём, знак произведения определяется по известным правилам алгебры. Тогда  $c_{kj}^- c_{ji}^- = c_{ki}^+$ .

### 3.2 Классификация эмоций

Одной из первых психологических классификаций эмоций была построена и обоснована В.М. Вундтом [23], который определил три пары базовых полярных эмоций: 1) «удовольствие-неудовольствие»; 2) «возбуждение-успокоение»; 3) «напряжение-разряжение». При этом двумя первичными формами он считал удовольствие и неудовольствие (страдание) или удовлетворение и неудовлетворение; удовольствие является следствием и знаком успеха, а страдание — следствием и знаком неуспеха и фрустрации.

Затем К.Э. Изард [24] выделил 10 базовых индивидуальных эмоций, имеющих специфические нервные субстраты и легко выражаемых с помощью мимики. Это эмоции радости, печали, любви, отвращения, интереса, удивления, гнева, презрения, страха, стыда, вины.

В [25] были предложены четыре основных критерия для классификации эмоций как оценок: а) знак эмоции (положительный или отрицательный); б) направленность эмоции (на себя или на других лиц); в) источник происхождения эмоций; г) время возникновения эмоций (предвосхищающие или констатирующие эмоции).

В данном случае, у субъекта  $i$  эмоции характеризуют выполнение собственных потребностей, а у субъекта  $j$  они возникают в этой связи, т.е. обусловлены чужими эмоциями и зависят от отношений между субъектами  $j$  и  $i$ . Таким образом, в результате рефлексии [26] получаем «эмоцию от эмоции». Разделение эмоций предполагает симпатию  $j$  по отношению к  $i$ , а в противном случае налицо антипатия.

Будем использовать попарно критерии (а, б) и (б, в). Пусть  $e_i$  — эмоция, понимаемая как оценка удовлетворения потребности субъекта  $i$ , которая может быть положительной  $e_i^+$  или отрицательной  $e_i^-$ ,  $c_{ji}$  — отношение субъекта  $j$  к субъекту  $i$ ,  $c_{ji}^+$  означает симпатию, а  $c_{ji}^-$  — антипатию, и  $e_{ji}$  — оценка эмоции субъекта  $i$  субъектом  $j$ . Тогда, следуя В.О.Леонтьеву [25], получаем четыре основных случая эмоциональных оценок.

- $e_{ji}^+ = c_{ji}^+ e_i^+$ . Субъект  $i$  испытывает удовольствие, субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  положительно, и потому радуется его удовольствию (общая радость или сорадость).
- $e_{ji}^- = c_{ji}^- e_i^+$ . Субъект  $i$  испытывает удовольствие, но субъект  $j$  относится к нему отрицательно и потому испытывает по этому поводу страдание, печаль.
- $e_{ji}^- = c_{ji}^+ e_i^-$ . Субъект  $i$  испытывает страдание, субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  положительно, и потому его страдание доставляет ему огорчение (сострадание или сочувствие).

- $e_{ji}^+ = c_{ji}^- e_i^-$ . Субъект  $i$  испытывает страдание, субъект  $j$  относится к субъекту  $i$  отрицательно и потому испытывает радость по этому случаю (злорадство).  
Соответствующее бинарное дерево эмоций изображено на рисунке 1.

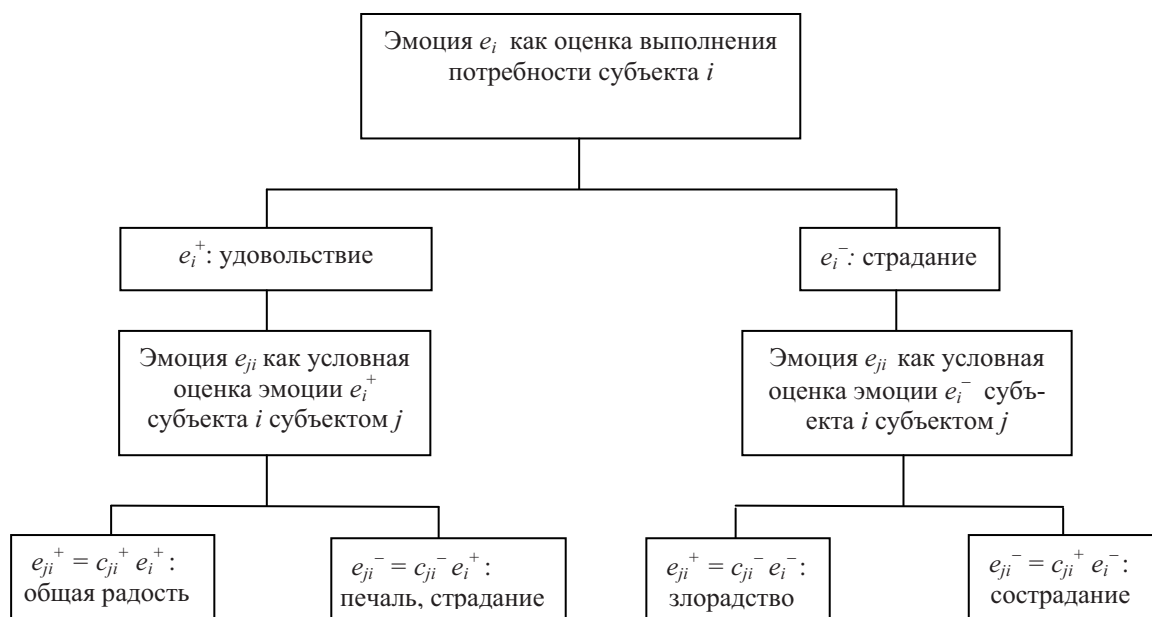


Рисунок 1 - Пример бинарного дерева эмоций

### 3.3 Эмоциональные состояния

Известно, что эмоции различаются на два типа [1]:

- динамические *эмоции* - удовольствие и страдание, связанные с конкретными стимулами и реакциями;
- длительные устойчивые *эмоциональные состояния* («настроения»), являющиеся усреднённым ответом на некоторую стационарную среду - множество более или менее регулярно действующих стимулов.

Если *эмоции* связаны с *динамикой* поведения, с реакцией на отдельные конкретные стимулы, то *эмоциональные состояния* обусловлены главным образом *статистическими* закономерностями, имеют усреднённый и, как следствие, более длительный и устойчивый характер. Примером эмоциональных состояний могут служить «настроения» (радость, печаль, тревога и т.п.).

Определим эмоциональное состояние через соответствие (несоответствие) действий («реакций») субъекта условиям окружения («стимулам»). Согласно принципу максимума взаимной информации, мерой соответствия служит взаимная информация между стимулами и реакциями  $I(X, Y)$ , мерой несоответствия могут служить условные энтропии  $H(X/Y)$  и  $H(Y/X)$ . Первая характеризует некомпенсированное разнообразие стимулов (стимулы, на которые нет адекватных реакций), вторая есть разнообразие невостребованных реакций.

Факторы, от которых зависит эмоциональное состояние, можно условно разделить на внутренние, характеризующие индивида, и внешние, характеризующие среду. К числу внутренних факторов относится уровень активации - степень мобилизации энергетических ресурсов субъекта. В порядке возрастания принято различать следующие уровни активации: сон, дремота; спокойное бодрствование; активное бодрствование; напряжённость (стресс). Поясним два крайних состояния, в которых присутствует предельная мобилизация или предельная демобилизация ресурсов. В норме предельно низким уровнем активации у человека является сон. Предельно высокий уровень активации ведёт к резкому уменьшению разнооб-

разия реакций - иногда вплоть до полного оцепенения (ступор). И ступор, и сон можно рассматривать как функциональные состояния, но лишь в отрицательном смысле - как «непригодность к функционированию». Оба они означают снижение разнообразия реакций человека до уровня, исключающего возможность его функционирования.

Уровень активации (и соответствующее ему разнообразие реакций  $H(Y)$ ) служит основным внутренним фактором, определяющим функциональное состояние. Другой, внешний, фактор – состояние среды, в которой действует субъект и которое может быть охарактеризовано разнообразием стимулов  $H(X)$ . Классификация функциональных состояний определяется соотношением между этими двумя факторами и его динамикой. На этой основе можно выделить [1] следующие типы функциональных состояний.

- $H(X) > H(Y)$  - разнообразие внешних стимулов больше разнообразия реакций. Если причиной этого дисбаланса является увеличение разнообразия внешних стимулов, то это состояние характеризуется как *напряжённость*, стресс. Если же причиной дисбаланса служит уменьшение разнообразия реакций (как правило, следствие дефицита ресурсов), то такое состояние может быть охарактеризовано как *истощение*.
- $H(X) < H(Y)$  - разнообразие стимулов меньше разнообразия реакций. Если этот дисбаланс возникает за счёт уменьшения разнообразия стимулов, то такое состояние принято называть *монотонией* (переживается как скука, вялость): действующие стимулы исчерпали свой информационный потенциал; общий эмоциональный тон этого состояния – отрицательный. Если причиной дисбаланса служит увеличение разнообразия реакций сверх необходимого, то такое состояние оценивается как *беспокойство* (суетливость).
- Важную роль играет также фактор адаптированности субъекта к среде. Возможна такая ситуация, когда само по себе разнообразие реакций, которыми располагает субъект, равно разнообразию стимулов, но при этом реакции не соответствуют стимулам. В результате возникает сложная смесь состояний, в которой присутствуют и напряжённость, и беспокойство, а взаимная информация меньше возможного максимального значения.
- Разнообразие реакций соответствует разнообразию стимулов, и при этом реакции адекватны стимулам. Это нормальное, рабочее состояние - общий положительный эмоциональный тон этого состояния. Взаимная информация в этом состоянии максимальна. Во всех остальных состояниях она меньше максимальной.

Рассмотрим некоторые факторы, ответственные за возникновение этих состояний.

Причиной *напряжённости* является, прежде всего, высокое разнообразие и сложность внешней среды, выражающиеся как большое количество стимулов, большие скорости и широкий диапазон их изменений. Все эти факторы могут быть охарактеризованы общим показателем -  $H(X)$ . Сюда следует отнести и такой фактор, как неожиданность: всякий необычный стимул увеличивает  $H(X)$  и может стать причиной напряжённости.

С другой стороны, источником напряжённости может стать всё, что ограничивает разнообразие реакций субъекта  $H(Y)$ , например, большие физические нагрузки, дефицит энергии, времени и других ресурсов. Ещё одним источником напряжённости может служить неподготовленность субъекта к данной деятельности.

*Монотония* является своего рода антиподом напряжённости. Если напряжённость порождается слишком большим разнообразием стимулов, то монотония, наоборот, слишком малым их разнообразием. В этом случае существует большое множество «невысокоинформационных» реакций, лежащее за пределами множества стимулов  $X$ . В этом случае субъекту выгодно сокращать разнообразие реакций.

Итак, рассматривая полученные выводы применительно к функционированию гибридной интеллектуальной системы, можно утверждать, что если все предпосылки правильны, то предпочтительно использование понятийного мышления и чёткой логики. Однако наличие

Не-факторов, стресса, ведущего к потере части информации, способствуют возникновению у когнитивной системы ложных представлений о ситуации. В идеале именно гибридная когнитивная система могла бы выдавать в этом случае наиболее объективные и взвешенные рекомендации. Однако если такая система будет работать на основе чёткой логики, то введя в неё ложное представление, например, о характере неисправности или аварии в качестве одной из предпосылок, мы либо загоним её в тупик, либо получим ложные выводы. И здесь может оказаться полезным обращение к образному уровню системы, работающему на основе нечёткой логики.

## **Заключение**

В работе подведены некоторые итоги развития и отражения образного мышления и интуиции специалиста в системах ИИ. Рассмотрены вопросы инженерии образов и решения творческих задач. Особое внимание уделено роли интуиции и эмоций в творчестве. Сформулированы информационные (энтропийные) модели эмоций, объясняющие их основные свойства и функции. Развита алгебра эмоций, позволяющая вычислять величину и знак сложной эмоции с помощью простых операций над её составляющими. Разработан вариант классификации эмоций, позволивший построить дерево эмоций на основании рефлексивных оценок.

В качестве перспективных направлений исследований можно указать следующие.

- Исследование свойств и характеристик образного мышления на основе анализа процессов правостороннего, детского (наивного), визуального и продуктивного мышления.
- Выделение и анализ операций и процедур образного мышления и интуиции.
- Разработка принципов построения языка образного мышления.
- Компьютерная имитация важнейших характеристик образного мышления, опирающаяся на определение основных процедур и операций с образами различных модальностей.
- Построение новых архитектур гибридных интеллектуальных систем, основанных на совместном моделировании рассудочного и образного мышления.
- Разработка теоретических оснований исчисления образов, в том числе разработка логики перцептивных образов, принципиально отличной от логики формирования понятий, в силу хотя бы двух кардинальных различий между образами и понятиями: целостности восприятия и существования эталонных образов [3].
- Разработка теоретических оснований исчисления эмоций.

## **Благодарности**

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 15-07-02320, 16-07-00222).

## **Список источников**

- [1] *Golitsyn, G.* Information and Creation / G. Golitsyn, V. Petrov. - Basel: Birkhauser Verlag, 1995. – 188 p. DOI: 10.1007/978-3-0348-7472-4.
- [2] *Голицын, Г.А.* Нейронные сети и экспертные системы: перспективы интеграции / Г.А. Голицын, И.Б. Фоминых // *Новости искусственного интеллекта.* - №4, 1996. - С.121-145.
- [3] *Поспелов, Д.А.* Метафора, образ и символ в познании мира / Д.А. Поспелов // *Новости искусственного интеллекта.* - №1, 1998. - С.94-136.
- [4] *Поспелов, Д.А.* Как совместить левое и правое? / Д.А. Поспелов, Л.В. Литвинцева // *Новости искусственного интеллекта.* 1996. №2. - С.66-71.
- [5] *Кузнецов, О.П.* Быстрые процессы мозга и обработка образов / О.П. Кузнецов // *Новости искусственного интеллекта.* 1998. №2. – С.117-130.

- [6] **Валькман, Ю.Р.** О языке образного мышления / Ю.Р. Валькман, Л.Р. Исмагилова // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды международного семинара (Диалог'2004, Тверь). – Тверь, 2004. – С.131-142.
- [7] **Валькман, Ю.Р.** Образы и образное мышление: некоторые отношения и структуры / Ю.Р. Валькман // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник трудов V-й международной научно-практической конференции (ИММВ-2009, Коломна, 28-30 мая 2009г.). – М.: Физматлит, 2009. – С.109-120.
- [8] **Валькман, Ю.Р.** Структура образа: доформальное исследование / Ю.Р. Валькман // Труды XII-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2010, Тверь, 20-24 сентября 2010 г.). – М.: Физматлит, 2010. Т.1. – С.344-352.
- [9] **Тарасов, В.Б.** Моделирование психических образов: как совместить дискретное и непрерывное? / В.Б. Тарасов // Новости искусственного интеллекта. 1998. №3. – С.86-100.
- [10] **Тарасов, В.Б.** Грануляция информации: основа когнитивных процессов и предпосылка создания интеллектуальных систем новых поколений / М.Н. Вайнцвайг, Е.Е. Витяев, В.Г. Редько, В.Б. Тарасов и др. // Подходы к моделированию мышления. – М.: ЛЕНАНД, 2014. – С.219-261.
- [11] **Кобринский, Б.А.** Образные ряды и их отображение в базе знаний / Б.А. Кобринский // Труды XI-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2008, Дубна, 28 сентября – 3 октября 2008 г.). – М.: ЛЕНАНД, 2008. Т.1. – С.393-400.
- [12] **Шеннон, К.** Работы по теории информации и кибернетике. – М.: ИЛ, 1963. – 829 с.
- [13] **Колмогоров, А.Н.** Три подхода к определению “количества информации”. – В кн.: Колмогоров А.Н. Теория информации и теория алгоритмов. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
- [14] **Прикладные нечёткие системы** / Ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М.: Мир, 1993. – 282 с.
- [15] **Альпиуллер, Г.С.** Найти идею. Введение в ТРИЗ - теорию решения изобретательских задач - М.: Альпина Паблишер, 2008. – 410 с.
- [16] **Голицын, Г.А.** О моделировании интуиции на ЭВМ / Г.А. Голицын, И.Б. Фоминых // Динамические интеллектуальные системы в управлении и моделировании. Материалы семинара. – М.: РДНТП, 1996. – С.81-84.
- [17] **Фоминых, И.Б.** О технологии решения творческих задач / И.Б. Фоминых // В сборнике трудов 8 Национальной конференции по искусственному интеллекту, 2002, т.1, М.: Изд.физ.-мат.литературы, 2002. – С.126-134.
- [18] **Голицын, Г.А.** Информация – Логика – Поэзия / Г.А. Голицын // Число и мысль. – М., Знание, 1984. – Вып.7. – 160 с.
- [19] **Выготский, Л.С.** Психология искусства. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1998. – 480 с.
- [20] **Анохин, П.К.** Эмоции // Большая медицинская энциклопедия, т.35. – М.: Медгиз, 1964. – С.354-357.
- [21] **Фоминых, И.Б.** Эмоции как аппарат оценок поведения интеллектуальных систем / И.Б. Фоминых // В сб. трудов 10 Национальной конференции по искусственному интеллекту - М.: Изд.физ.-мат.лит., т.2, 2006. – С.687- 694.
- [22] **Фоминых, И.Б.** Классификация эмоций: информационный подход / И.Б. Фоминых, В.В. Алексеев // В сб. научных трудов IV Международного научно-практического семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте» - М.: Наука, 2007. – С.63-71.
- [23] **Вундт, В.** Введение в психологию: Пер. с нем. 3-е изд. М.: КомКнига, 2007. – 168 с.
- [24] **Изард, К.Э.** Психология эмоций: Пер. с англ. – СПб.: Изд-во Питер, 1999. – 464 с.
- [25] **Леонтьев, В.О.** Классификация эмоций. Одесса: Изд-во ИИЦ, 2003.
- [26] **Лефевр, В.А.** Рефлексия. М.: Когито-Центр, 2003. – 496 с.

## MENTAL IMAGE ENGINEERING, CREATIVE PROBLEMS, EMOTIONAL EVALUATIONS

**I.B. Fominykh**

National Research University "MPEI", Moscow, Russia  
igborfomin@mail.ru

### Abstract

This paper describes some results in the development and reflection of creative thinking and intuition of a specialist in the field of artificial intelligence systems. Problems of image engineering, including the elicitation of main differences between image and concept; in particular, between image-based and concept-based mechanisms of information processing (problem solving) are considered. The leading role of neural networks and fuzzy models in the computer implementation of creative thinking is shown. The nature of creative tasks, characterized by the identification and resolution of contradictions in the conditions of the tasks being solved, is considered. A special attention is paid to the role of intuition and emotions in solving creative problems. Such important functions of emotions as instrument of behavior control, tools of activating creative resources and evaluation mechanism (an intra-systemic critic) are revealed. The algebra of emotions is introduced that allows us to calculate the sign and magnitude of a complex emotion by using simple operations over its components. A binary tree of emotions is built on the basis of reflexive estimates. The novelty of the paper is related to the algebra of emotions, entropic models of emotional states characteristics and the construction of emotion tree viewed as a way of specifying secondary human emotions by evaluating the performance of other people.

**Key words:** *image engineering, creative task, contradiction, intuition, reflection, solution search, emotion algebra, emotional states, emotion tree.*

**Citation:** *Fominykh IB. Mental image engineering, creative problems, emotional evaluations [In Russian]. Ontology of designing. 2018; 8(2): 175-189. - DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-2-175-189.*

### Acknowledgment

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (projects 15-07-02320, 16-07-00222).

### References

- [1] **Golitsyn G, Petrov V.** Information and Creation. - Basel: Birkhauser Verlag, 1995. - 188 p. DOI: 10.1007/978-3-0348-7472-4.
- [2] **Golitsyn GA, Fominykh IB.** Neural networks and expert systems: integration prospects [In Russian]. Artificial Intelligence News of the artificial intelligence. 1996; 4: 121-145.
- [3] **Pospelov DA.** Metaphor, image and symbol in the knowledge of the world [In Russian]. Artificial Intelligence News, - M., AAI, 1998; 1: 115-136.
- [4] **Pospelov DA, Litvintseva LV.** How to combine left and right? [In Russian]. News of artificial intelligence. 1996; 2: 66-71.
- [5] **Kuznetsov OP.** Fast brain processes and image processing [In Russian]. News of Artificial Intelligence. 1998; 2: 117-130.
- [6] **Valkman YuR, Ismagilova LR.** On the language of figurative thinking [In Russian]. Computational linguistics and intellectual technologies. Proceedings of the international seminar (Dialogue'2004, Tver). - Tver, 2004. - P.131-142.
- [7] **Valkman YuR.** Images and figurative thinking: some relationships and structures [In Russian]. Integrated models and soft calculations in artificial intelligence. Collection of works of the V-th International Scientific and Practical Conference (IMMV-2009, Kolomna, May 28-30, 2009). - Moscow: Fizmatlit, 2009. - P.109-120.
- [8] **Valckman YuR.** Image structure: pre-formal research [In Russian]. Proceedings of the XIIth National Conference on Artificial Intelligence with International Participation (KII-2010, Tver, September 20-24, 2010). - Moscow: Fizmatlit, 2010. V.1. - P.344-352.
- [9] **Tarassov VB.** Modeling of mental images: how to combine discrete and continuous? [In Russian]. News of artificial intelligence. 1998; 3: 86-100.

- [10] *Tarassov VB, Vaintsvayg MN, Vityaev EE, Redko VG. and others.* Granulation of information: the basis of cognitive processes and the prerequisite for the creation of intellectual systems of new generations [In Russian]. Approaches to the modeling of thinking. - Moscow: LENAND, 2014. - P.219-261.
- [11] *Kobrin BA.* Figurative series and their representation in the knowledge base [In Russian]. Proceedings of the 11th National Conference on Artificial Intelligence with International Participation (KII-2008, Dubna, September 28 - October 3, 2008). - Moscow: LENAND, 2008. V.1. - P.393-400.
- [12] *Shannon K.* Works on the theory of information and cybernetics [In Russian]. - M.: IL, 1963, - 829 p.
- [13] *Kolmogorov AN.* Three approaches to the definition of "amount of information". In: Kolmogorov A.N. Theory of Information and the Theory of Algorithms [In Russian]. - M.: Nauka, 1987. - 304 p.
- [14] *Applied fuzzy systems* / Ed. T. Tarano, K. Asai, M. Sugeno. 1989 Elsevier Ltd. - 314 p. DOI: 10.1016/C2013-0-11592-9
- [15] *Altshuller GS.* Find an idea. Introduction to TRIZ - the theory of solving inventive problems [In Russian]. - M.: Alpina Publisher, 2008. - 410 p.
- [16] *Golitsyn GA, Fominykh IB.* On the modeling of intuition on a computer [In Russian]. Dynamic intelligent systems in control and modeling. Materials of the seminar. - M.: RHNT, 1996. - P.81-84.
- [17] *Fominykh I.* On the technology of solving creative problems [In Russian]. In the collection of proceedings of the 8th National Conference on Artificial Intelligence - M.: Izd.fiz.-mat.literary, v.1, 2002. - P.126-134.
- [18] *Golitsyn GA.* Information - Logic - Poetry // Number and thought [In Russian]. - M., Knowledge, 1984. - Issue 7. - 160 p.
- [19] *Vygotsky LS.* Psychology of art [In Russian]. - Rostov-on-Don: Phoenix, 1998. - 480 p.
- [20] *Anokhin PK.* Emotions [In Russian]. The Great Medical Encyclopedia, Vol.35. - M.: Medgiz, 1964. - P.339-341, 354-357.
- [21] *Fominykh I.* Emotions as an apparatus for assessing the behavior of intellectual systems [In Russian]. In the collection of proceedings of the 10th National Conference on Artificial Intelligence - M.: Izd.fiz.-mat.literary, v.2, 2006. - P.687-694.
- [22] *Fominykh I, Alekseev V.* Classification of emotions: the information approach [In Russian]. In Sat. Scientific Works of the IV International Scientific and Practical Seminar "Integrated Models and Soft Computing in Artificial Intelligence" - M.: Science, Izd., Phys.-Math. Literature, 2007. - P. 63-71.
- [23] *Wundt W.* An introduction to psychology. MacMillan Co. 1912. - 186 p. - DOI: 10.1037/13784-000.
- [24] *Izard CE.* Human Emotions. Springer-Verlag US. 1977. - 495 p. - DOI: 10.1007/978-1-4899-2209-0.
- [25] *Leontyev VO.* Classification of emotions [In Russian]. Odessa: Publishing House of the Information Center, 2003.
- [26] *Lefebvre VA.* Reflection [In Russian]. Moscow: Kogito-Center, 2003. - 496 p.

## Сведения об авторе



**Фоминых Игорь Борисович**, 1940 г. рождения. Окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана (1963), МГУ им. М.В. Ломоносова (1969), д.т.н. (2000), профессор (2004). Профессор кафедры прикладной математики Национального исследовательского университета «МЭИ». Член Научного совета Российской ассоциации искусственного интеллекта. В списке научных трудов более 120 работ в области искусственного интеллекта.

**Igor Borisovich Fominykh** (b. 1940) graduated from Bauman Moscow State Technical University in 1963, the Lomonosov Moscow State University in 1969, D. Sc. Eng. (2000), professor (2004). He is Professor at National Research University "MPEI" (Department of Applied Mathematics), the member of Scientific Council of the Russian Association for Artificial Intelligence. He is also the author and co-author of more than 120 publications in the field of Artificial Intelligence.