

Ю. Р. Валькман, д.т.н., зав. отд., Р. Ю. Валькман, н. с., Л. Р. Исмаилова, н. с.,
Международный научно-учебный центр информационных технологий и
систем НАН и МОН Украины

О МОДЕЛИРОВАНИИ ОБРАЗНОГО МЫШЛЕНИЯ: НЕКОТОРЫЕ ОТНОШЕНИЯ И СТРУКТУРЫ ОБРАЗОВ

Введение. Моделирование образного мышления давно интересует специалистов в области искусственного интеллекта (ИИ). В 1998 году в Переславль-Залесском по инициативе Д. А. Поспелова состоялся первый (к сожалению, пока, единственный) семинар «Отражение образного мышления и интуиции специалиста в системах искусственного интеллекта». Эта проблема подробно рассмотрена в номерах 1-3 журнала «Новости искусственного интеллекта» за 1998 г. [1]. Во многом наши работы базируются на результатах исследований известных специалистов в данной проблемной области Поспелова Д. А., Кобринского Б. А., Тарасова В. Б., Кузнецова О. П., Чайлахяна Л.М., Фоминых И. Б., и др. Все эти работы во многом предопределили направления, содержание и результаты данных исследований. Общеизвестна чрезвычайная сложность решения этой проблемы. Поэтому мы можем говорить лишь о некоторых ее аспектах и разрабатывать определенные принципы реализации соответствующих компьютерных технологий. Основное направление нашей деятельности – разработка методов построения баз знаний для моделирования образного мышления в вычислительной среде. Но, для этого нам необходимо определить понятие образа (что подчеркивал Д. А. Поспелов [1]). В [2] Дмитрий Александрович подчеркивал, что «... здесь надо решить три основные проблемы.

1. Уточнить понятие «образ». Мы что-то все интуитивно представляем, когда говорим об образах, но на самом деле не можем четко пояснить, что же такое образ.

2. Выработать понятийную систему ИИ, в рамках которой образ займет соответствующее его важности положение. У нас пока нет понятий базовых образов... Без этого мы просто не сможем ни объясняться, ни вообще что-то делать.

3. Эта система должна порождать образы из образов или, другими словами, в ней должна быть реализована система операций над образами. Если таковой не будет, то мы опять ничего серьезного не получим»

Заметим, что, несмотря на прошедшее время, мы мало продвинулись в решении поставленных проблем.

Данная работа является продолжением исследований, результаты которых изложены, в частности, в [3-11]. В [3] мы рассматривали учет *НЕ-факторов* как основу моделирования образного мышления, в [4]

анализировали отношения категорий *образ* и *модель*, в [5] ввели и исследовали понятия *текстов* и *контекстов образов*, в [6] обсуждали некоторые свойства *операций образного мышления*, в [7] рассматривали *образ как результат отражения*, в [8] анализировали *общие закономерности образного мышления* и трудности их моделирования в вычислительной среде, в [9] рассматривали *мультимодальность*, *мультимедийность*, *мультиконтекстность*, *мультимодельность* структур представлений образов в базах знаний, в [10] исследовали *отношения «образы - понятия»*, в [11] анализировали процессы *преобразования понятий в образы и образов в понятия*.

Здесь рассмотрим некоторые свойства и характеристики структур образной информации.

1. Снова об определении понятий образа и образного мышления.

Квадрат Г. П. Щедровицкого

В настоящее время «кибернетическое» определение [12] образа используется только в работах по проблематике распознавания образов. По сути – это определение понятия. Поэтому, оно не пригодно для моделирования процессов образного мышления (см. аргументацию в [3,4,8,9]). Поскольку мы исследуем процессы мышления, то логично использовать это понятие в определении психологов: ОБРАЗ — чувственная форма психического явления, имеющая в идеальном плане пространственную организацию и временную динамику. В чувственном образе может быть воплощено любое абстрактное содержание. В этом случае материалом для образа служат не только пространственно-временные представления (зрительные, слуховые, тактильные, мышечные, вестибулярные, вкусовые и обонятельные), но и внутренняя речь (в виде абстрактного понятия или описания его с помощью ключевых слов). Следовательно, идеи, понятия, концепции и многое другое являются разновидностями образов. В Оксфордском английском словаре дано следующее определение *«Образ... Ментальная репрезентация чего-либо (в особенности видимого объекта) не путем прямого восприятия, а при участии памяти или воображения; мысленная картина или впечатление; идея, понятие...»*.

Возникает вопрос, не слишком ли мы «размыли» понятие образа, фактически, считая образом почти любую форму мысли. Заметим, процесс такой *«фазификации»* мы начали еще в работах [3,4]. Это, также соответствует моделям В. К. Финна [14], Хокинса [15], А. А. Кулинича [19] и интеллектуальной деятельности вообще. Далее мы конкретизируем некоторые образные структуры.

Здесь, мы примем, в качестве рабочего, определение, данное в Википедии «Образное мышление - мышление в виде образов путём их создания, формирования, поддержки, передачи, оперирования, видоизменения с помощью мыслительных процессов. Входит как существенный компонент во все без исключения виды человеческой деятельности. Реализуется с помощью механизма представления. Передаёт знание не об отдельных изолированных сторонах (свойствах) реальной действительности, а формирует целостную мысленную картину отдельного участка действительности. Пространственное мышление, ассоциативное мышление, наглядно-образное мышление, визуальное мышление можно рассматривать как разновидности образного».

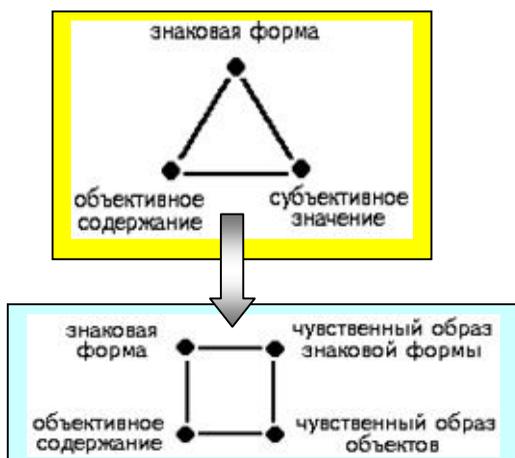


Рис. 1. Переход от треугольника Огдена к квадрату Щедровицкого

Для обеспечения возможности моделирования образного мышления в вычислительной среде целесообразно сопоставить его со знаковой формой мышления. В этом отношении, с нашей точки зрения, особый интерес представляет переход от известного «треугольника Огдена» (объективное содержание – значение - знак) к квадрату, предложенного Г. П. Щедровицким в [13]. Соответствующая схема представлена на рис. 1.

При этом, различные ее элементы (стороны)

рассматриваются не как равноценные.

Горизонтальные связи в этой схеме изображают связи, устанавливаемые по законам обычного чувственного отражения; это связи,

- *во-первых*, между объектами и их чувственными образами,
- *во-вторых*, между знаковыми формами (которые тоже суть объекты) и их чувственными образами.

Правая *вертикальная связь* между чувственными образами знаковой формы и объектов носит вторичный, зависимый характер: это отражение в голове связей, установленных вне головы (в левой части схемы).

Таким образом, главной и определяющей связью в этой структуре оказывается *левая вертикальная связь*. Это связь замещения между объективным содержанием (не объектами!) и знаковой формой. Именно эта

связь замещения составляет суть и сердцевину всего процесса, изображаемого «квадратом», именно она несет в себе все специфические признаки мышления.

Поскольку правая вертикальная связь есть отражение левой, а горизонтальные связи есть лишь условия и средства перехода «слева направо», постольку мы можем разделить «квадрат» на ряд относительно независимых предметов исследования и выделить левую вертикальную связь в особый предмет исследования. Щедровицкий называет его «языковым мышлением».

При исследовании предмета, изображаемого всем «квадратом», связь языкового мышления должна рассматриваться первой.

Для нас принципиальное значение имеет то, что в этом квадрате,

- во-первых, разделены образы объектов и образы знаков,
- во-вторых, определено отношение между ними,
- в-третьих, выделены их связи с «внешним миром»,
- в-четвертых, все эти сущности отражены в некоторой структурной целостности.

2. Снова об отношениях «образы - понятия».

«Облако знаний» В. К. Финна

Особый интерес представляет анализ отношений между категориями «образ» и «понятие»; поскольку на понятиях строятся суждения и силлогизмы в логике. Для моделирования процессов образного мышления пока аналогичного аппарата исчисления (образов) нет, т. к. мы не можем определить образ как базовую (минимальную - элементарную) структуру для построения соответствующих операций и отношений. Такой сравнительный анализ (совмещающий и противопоставляющий) категории образа и понятия мы уже проводили в [10,11].

В [14] В. К. Финн построил формальную модель понятия как некоторую организацию знаний, являющуюся уточнением идеи в гуманитарных науках. Концепция В. К. Финна заключается в следующем.

По сложившейся традиции, как в разговорном языке, так и языке науки термины "идея" и "понятие" четко не отделяются один от другого. В традиционной логике под понятием имеют в виду мыслимое содержание, представленное совокупностью существенных признаков, которое относится к некоторой совокупности предметов, называемой объемом понятия.

Понятийное мышление может быть лишь результатом реконструкции идей, преобразованных в понятия. Последнее обстоятельство является результатом создания организованной интеллектуальной системы с аргументацией и развитыми логическими средствами, представляющими взаимодействие познавательных процедур, достаточных для порождения и выражения сходства изучаемых явлений и формулирования причинно-следственных отношений между фактами.

Естественно ввести в качестве неопределяемого отношения "отношение релевантности знаний".

Пусть Q – терм, обозначающий некоторое множество высказываний таких, что они релевантны этому терму и друг другу. Это множество высказываний назовем идеей. Таким образом, идея $I(Q)$ – это все то, что можно сказать о терме Q . Говоря метафорически, идея – это *неупорядоченное "облако" знаний*, окружающих терм Q .

В этом "облаке" есть знание, непосредственно релевантное Q (ближайшие или базисные знания), и есть знания, удаленные от Q – релевантные некоторым знаниям таким, что существует последовательность знаний, последний элемент которой релевантен Q . Не каждая идея $I(Q)$ может быть преобразована в понятие, т. е. в упорядоченное знание, допускающее обзор, ибо в гуманитарных дисциплинах широко используются идеи, фундаментальные по своему значению, но не имеющие не только определений, а даже и однозначной характеристики, а следовательно, и понимания.

Напомним, что, под термом в формальной логике понимают интуитивно определённое выражение формального языка (системы), являющееся формальным именем объекта или именем формы.

А под термином (лат. terminus – термин, от лат. terminus – предел, граница) понимают *слово или словосочетание, призванное точно обозначить понятие и его соотношение с др. понятиями в пределах специальной сферы*.

В отличие от слов общего языка, термины не связаны с контекстом. Потом мы детально исследуем отношения в триаде **«терм – термин – понятие»**

Здесь, мы предлагаем под термом Q понимать полностью (четко) определенное (в терминах логики) некоторое понятие, а множество («облако») идей в окрестности этого понятия образом $I(Q)$. И идея понимается как терм, окруженный релевантным знанием.

Видимо, можно, в некоторой степени, сопоставить Q и $I(Q)$ с «текстом» и «контекстом» образа, введенных нами в [5]. На рис. 2 представлена условная схема такого облака. Далее В. К. Финн вводит два отношения релевантности (неформально – отношения к «делу» (теме, проблеме и т. д.)) высказываний (между собой и с термом, уровни доверия и строит интересную модель, которую в своих

последующих исследованиях образного мышления мы попытаемся использовать.

3. О модели «ПАМЯТЬ - ПРЕДСКАЗАНИЕ» Д. Хокинса

В [15] Джефф Хокинс предложил модель «ПАМЯТЬ - ПРЕДСКАЗАНИЕ» в качестве обобщенной модели естественного интеллекта. Эта модель представляет для нас особый интерес, т. к. она, с одной стороны, претендует на создание модели мозга, с другой стороны, свои исследования Хокинс проводит с целью разработки систем ИИ. С его точки

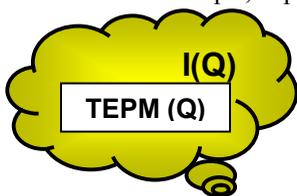


Рис.2. «Облако знаний» В. К. Финна

зрения основой интеллекта является неокортекс. Принципы действия неокортекса и компьютера различны. Вместо вычисления решений и программирования поведения кора головного мозга использует память.

С нашей точки зрения, в модели Хокинса, фактически, отражаются процессы образного мышления. Он приводит четыре особенности памяти неокортекса, которые коренным образом отличают ее от памяти компьютера. Неокортекс:

- *запоминает последовательности элементов, а не отдельные элементы окружающего мира;*
- *вспоминает последовательности автоассоциативно;*
- *запоминает последовательности в инвариантной форме;*
- *сохраняет последовательности иерархически.*

Все эти четыре основных особенности памяти неокортекса неоднократно различными исследователями явно и неявно (в других терминах) рассматривались как специфические свойства образного мышления (см., например, наши работы [3-11]).

1. Рассказывая собеседнику о каком-нибудь происшествии, мы выдаем порции информации последовательно. Это происходит не только потому, что разговорная речь сама по себе является последовательной. Любой рассказ – то письменный, устный или рисованный в картинках – *всегда носит серийный характер*. Это объясняется тем, что образная память о событиях сохраняется в мозге в серийной форме и может быть извлечена оттуда тоже в серийной форме. Собственно, невозможно думать о чем-то сложном вне рамок серии событий или мыслей.

2. *Автоассоциативная* система способна воспроизвести полную последовательность на основе неполной или искаженной входной информации. Хотя глаза увидят только часть целого, перед вами возникнет полный образ. Причем он будет настолько отчетливым и ярким, что вы вряд ли будете отдавать себе отчет в том, что это всего лишь предположение.

Мозг способен дополнять и временные образы. Припомните незначительную подробность из давно минувших событий, и вам на ум придет вся соответствующая последовательность.

3. Память компьютера устроена так, чтобы сохранять информацию в максимально неизменном виде. Именно *инвариантная форма* хранится в нашем мозге, и именно с ней впоследствии сравниваются новые входные сигналы. Запоминание, припоминание и распознавание – все это происходит на уровне инвариантных форм. На рис. 3 представлена схема формирования инвариантных репрезентаций образной информации. Здесь уместно вспомнить и о целостности структуры образа (гештальте Вертгеймера).

4. Иерархические структуры давно признаны в качестве основные структуры представления сложных процессов, явлений, объектов (см., например, работы Г. Саймона).

4. О классификации образов. Уровни в структуре образа

На основании вышеизложенного и анализа многочисленных публикаций можно сделать вывод о невозможности построения полного классификатора разновидностей образов. Здесь рассмотрим и построим лишь некоторые классификаторы.

Основная функция образного мышления — создание образов и оперирование ими в процессе решения задач. Реализация этой функции обеспечивается специальным механизмом представления, направленном на

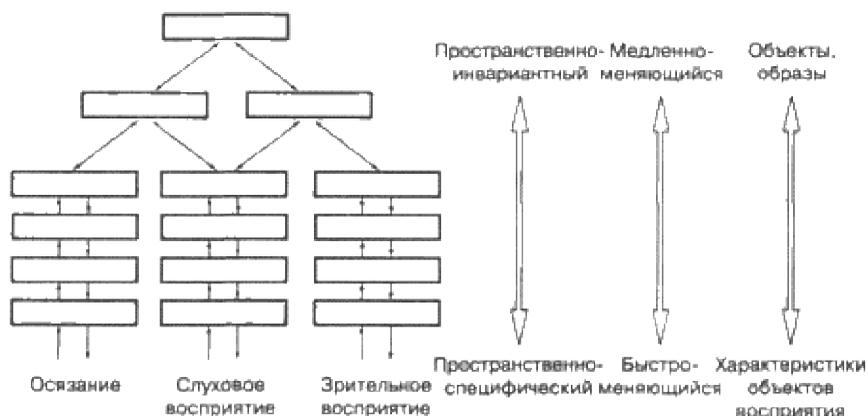


Рис. 3. Формирование инвариантных репрезентаций при осязании, слуховом и зрительном восприятии.

видоизменение, преобразование уже имеющихся образов и создание новых образов, отличных от исходных. Представление в зависимости от условий, в которых оно протекает, в них же формируется и проявляется, имеет *разные уровни осуществления*.

В психологии в настоящее время понимание механизма создания различных образов базируется в основном на отнесении их к различным психическим функциям (восприятию, представлению, воображению).

Поэтому психологи выделяют, в частности, три класса образов:

- *образ восприятия* – отражение в идеальном плане внешнего объекта (сцены), воздействующего на органы чувств,
- *образ представления* – отражение (вспоминание) объекта без его наличия (сенсорного контакта с ним) и
- *образ воображения* – вымышленный образ, данный в представлении, но не имеющий аналогов в реальной действительности и поэтому никогда ранее не воспринимавшийся.

Различие их усматривается обычно в динамике соотношения чувственных и понятийных компонентов, в преобладании *единичного* или *общего*. На рис. 4 представлена схема отношений этих трех классов образов. Заметим, фактически, выделяется три уровня, соответствующие трем уровням абстракции (ср. с уровнями, отраженными на рис.3). Очевидно, для каждого уровня операции мышления обладают соответствующей спецификой.

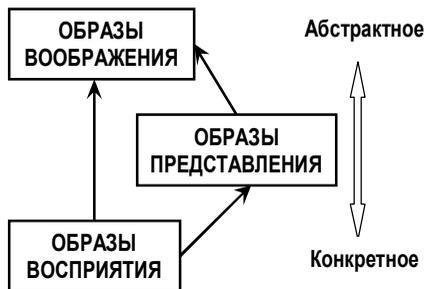


Рис. 4. Схема отношений трех классов образов.

Основой создания образов и оперирования ими признаются четко обособляемые деятельности двух типов – *продуктивная* и *репродуктивная*.

Выражением этого является принятая в психологии классификация на образы памяти и образы воображения, которые в

свою очередь делятся на *воссоздающие* и собственно *творческие*. Создание нового в образной форме приписывается только специфике воображения.

Далее мы детально рассмотрим операции на различных уровнях *абстрактности-конкретности* и *трансформации образов* при переходе с уровня на уровень.

5. Страты Л. Ю. Жилияковой и модели ассоциативного мышления

Продолжая анализ и построение многоуровневой структуры образной информации, целесообразно рассмотреть концепцию построения стратифицированной модели знаний Л. Ю. Жилияковой [16]. Знания в модели не хранятся монолитно. В качестве компонентов предлагаемой модели предметной области выступают страты, описывающие отдельные «срезы», аспекты предметной области. Сущности, общие для нескольких страт, будут содержаться в каждой из них, причем, столько раз, во сколько множеств-ассоциаций они входят. Таким образом, при отборе информации фильтрация может производиться по двум ортогональным направлениям: по стратам и по ассоциациям. Связи между стратами также могут задаваться различными способами: это либо отношения, существующие между объектами, принадлежащими разным стратам, либо принадлежность этих объектов общим множествам ассоциаций. По таким связям возможен переход из слоя в слой.

В другой работе [17] Л. Ю. Жилиякова рассматривает *ассоциативную модель знаний* (важнейшая составная компонента стратифицированной модели знаний). Основной особенностью этой модели является задание ассоциативных связей в виде множеств: каждому свойству соответствует множество объектов, этим свойством обладающих. Структура модели такова, что каждый объект многократно копируется и распределяется во все

множества, соответствующие его свойствам. Вводятся численные меры силы ассоциаций, расстояний между понятиями.

Нам представляется, именно такая модель может использоваться для синтеза и анализа структур образной информации. Предположим, условно, что некоторые образы представлены в формате фреймов. На рис. 5 приведен пример ассоциации во фреймовом представлении знаний.

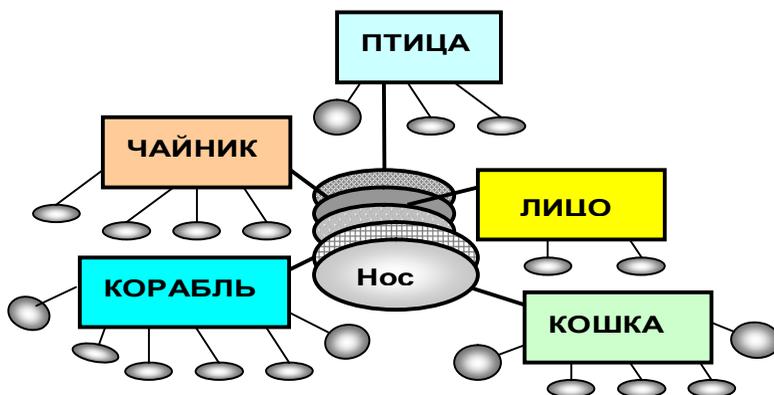


Рис.5. Пример ассоциации в фреймовом представлении знаний

6. Образные ряды Б. А. Кобринского и базы знаний образной информации

Заметим, ассоциации на основании образной информации и на основе признаков понятий в вербальных выражениях, с нашей точки зрения, существенно различны. Поэтому при построении баз знаний образной информации необходима интеграция различных понятийных представлений. На рис. 6 представлена условная архитектура такого интегрированного представления. Очевидно, для любого объекта целесообразно выделить три класса представления (взаимосвязанных понятийных структур): вербальную (*логогенные сети*), образную (*имагенные сети*) и формальную (*формальные сети*) компоненты отражения соответствующего понятия.

В [18] Б.А. Кобринский подчеркивает, что принципиально важная особенность интеллектуальных систем, заключающаяся в возможности отражения в базе знаний вариантов описываемого «предмета» или явления, в принципе должна касаться и визуальных (зрительных) образов.

При этом, включение в базы знаний, наряду с логико-лингвистическими понятиями, визуальных образов (рисунков, картин, фотографий, в том числе представленных в элементарной форме), рассматриваемых как своего рода символы, может быть тем путем, который позволит отражать *невербализуемые ментальные представления и использовать их в принятии решений путем обработки непосредственно «сенсорных» образов*. Б.А. Кобринский считает,

что визуальные образные ряды можно было бы построить по типу, например, фреймоподобной структуры, где фрейму соответствует традиционное представление определенного образа (или типичный представитель образного

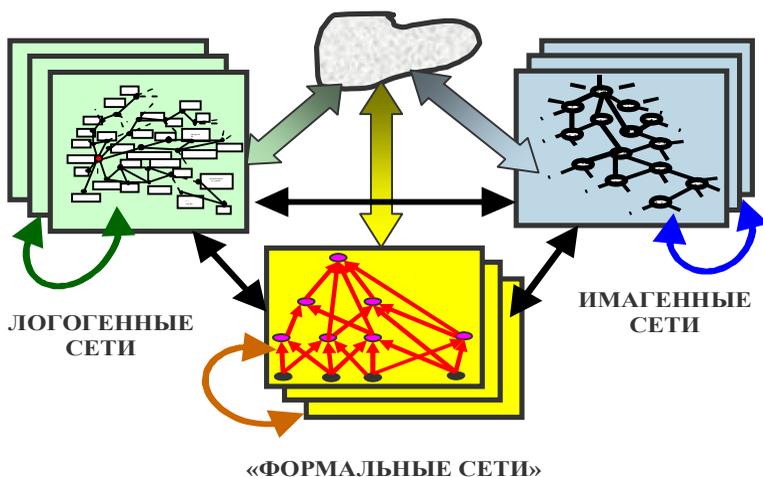


Рис. 6. Условная архитектура интегрированного представления образных структур в базе знаний

ряда, своего рода архетип или родительский фрейм или фрейм класса), а слоты представлены разнообразными различающимися образами данного типа («индивидуумами»), отличающимися по отдельным невербализуемым или трудно вербализуемым характеристикам, в том числе по цветовой гамме картины в целом или отдельных ее фрагментов, словесное описание которых может приводить к неисправимым искажениям.

Синтез и анализ образных рядов (ассоциаций по различным признакам) в базе знаний мы считаем важнейшей компонентой. Без реализации этих операций в компьютерных технологиях трудно говорить о моделировании образного мышления.

Заключение. В работе представлены некоторые модели отношений и структуры образной информации. Конечно, в приложении к моделированию образного мышления еще необходимо рассмотреть квазиголографическую модель О. П. Кузнецова [19], модель кластера понятий А. А. Кулинича [20] и модели, построенные многими другими учеными.

Ранее мы хотели назвать эту серию статей «На пути к моделированию образного мышления в вычислительной среде: ...» или «На пути к исчислению образов: ...». Но, нам такие названия показались слишком претензионными и художественными.

Полагаем, данные исследования вносят некоторый вклад в уточнение понятия ОБРАЗ, в построение концепции баз знаний ОБРАЗНОЙ

ИНФОРМАЦИИ и в разработку технологии моделирования ОБРАЗНОГО МЫШЛЕНИЯ.

1. *Тарасов В.Б.* Панельная дискуссия // *Новости искусственного интеллекта.* – 1998. – №1. – С.115-136.
2. *Поспелов Д.А.* Метафора образ и символ - в познании мира. *Новости искусственного интеллекта*, № 1, 1998.
3. *Валькман Ю.Р.* Не-факторы — основа образного мышления // *Труды II-го Междунар. научно-практ. семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте».* Москва: Физматлит, 2003.
4. *Валькман Ю.Р.* Категории «образ» и «модель» в когнитивных процессах // *Труды междунар. конф. «Интеллектуальные системы» (ICAIS'03), Геленджик-Дивноморское, Москва: Физматлит, Том 2, 2003.*
5. *Валькман Ю.Р.* Контексты в процессах образного мышления: определения, отношения, операции // *Тезисы докладов I Российской конференции по когнитивной науке, 9-12 октября, Казань, 2004.*
6. *Валькман Ю.Р., Быков В.С.* О моделировании образного мышления в компьютерных технологиях: операции мышления // *Труды Международной конференции «Интеллектуальные системы (ICAIS'05)», Геленджик-Дивноморское, Москва: Физматлит, 2005*
7. *Валькман Ю.Р., Быков В.С., Рыхальский А. Ю.* О моделировании образного мышления в компьютерных технологиях: образ как результат отражения // *Труды междунар. конф. Интеллектуальные системы (ICAIS'05), Геленджик-Дивноморское, Москва: Физматлит, 2005.*
8. *Валькман Ю.Р., Быков В.С.* О моделировании образного мышления в компьютерных технологиях: общие закономерности мышления // *Труды междунар. конф. «Знания–Диалог–Решение» (KDS–2005). Болгария, Варна, 2005.*
9. *Валькман Ю.Р.* Мультиmodalность, мультимедийность, мультиконтекстность, мультиmodelность представлений понятий в базах знаний // *Труды IV-го Междунар. научно-практ. семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте».* Москва: Физматлит, 2007.
10. *Валькман Ю.Р.* Анализ понятия образ: отношения «образы – понятия» // *Сб. тр. XI Междунар. конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2008)», Россия, Дубна, 2008.*
11. *Валькман Ю.Р.* О моделировании образного мышления: от образа к понятию и от понятия к образу // *Труды Международной конференции «Интеллектуальные системы (ICAIS'08)», Геленджик-Дивноморское, Москва: Физматлит, 2008.*
12. *Словарь по кибернетике.* - Киев: Гл. ред. Им. М. П. Бажана, 1989.
13. *Щедровицкий Г.П.* О взаимоотношении формальной логики и неопозитивистской «логики науки» // *Диалектический материализм и современный позитивизм.* Москва, 1961.
14. *Финн В. К.* Интеллектуальные системы и общество. Москва: КомКнига, 2006.
15. *Хокинс Д., Блейкли С.* Об интеллекте. Москва: Изд. Дом. Вильямс, 2007
16. *Жулякова Л.Ю.* Концепции построения стратифицированной модели знаний. // *5-я международная конференция «Интеллектуальный Анализ Информации ИАИ-2005», Киев, Просвіта, 2005.*

17. *Жилякова Л.Ю.* Принципы построения ассоциативной модели знаний. 8-я международная конференция «Интеллектуальный Анализ Информации ИАИ-2008», Киев, Просвіта, 2008.
18. *Кобринский Б.А.* Образные ряды и их отображение в базе знаний // Сб. тр. XI Междунар. конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2008)», Россия, Дубна, 2008.
19. *Кузнецов О. П., Марковский Ф. В., Шипилина Л. Б.* Голографические механизмы обработки образной информации. Москва: Научн. издание ИПУ РАН, 2007
20. *Кулинич А. А.* Модель активизации мышления субъекта в системах когнитивного моделирования. // Сб. тр. VIII Междунар. конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2002)», Россия, Коломна.