

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

СТРУКТУРА ОБРАЗА В ПРОЦЕССАХ МЫШЛЕНИЯ: ДОФОРМАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

В работе анализируются метаморфозы структур образной информации в процессах мышления. Исследуются интеллектуальные операции. Высказано предложение относить к процессам мышления только образные операции. Понятийное мышление целесообразно рассматривать как рассуждение. Обосновано предположение о пирамидальном характере структуры образной информации. Мы полагаем, что без поддержки пирамидальных структур образной информации в вычислительной среде невозможно моделирование процессов образного мышления в компьютерных технологиях.

Ключевые слова: Образ, структура, формальная модель, целостность, образное мышление, мышление, моделирование.

Введение. Данная работа является продолжением исследований процессов образного мышления (см., в частности, [1-3]).

Объектом этих исследований является технологии управления образными знаниями в интеллектуальных системах. Здесь, *предмет исследования* – синтез и анализ структур образов в процессах мышления. *Цель исследования* – разработка моделей представления структур образной информации и методов их использования в практической деятельности.

В последних работах [2-3] исследовались структуры образной информации. Здесь мы акцентируем внимание на проблемах построения и использования структур образов в процессах образного мышления.

1. Некоторые определения и ограничения

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.* Такие образы различные исследователи еще называют «мысленными» (imagery, в отличие от pattern), «чувственными», «вторичными», «внутренними». Важно подчеркнуть их значительное отличие от образов в кибернетическом понимании (в проблематике распознавание образов). Фактически, в кибернетике образ определяется как понятие в логике.

В Оксфордском английском словаре даже 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...*».

Обратим внимание, что идея, понятие и многие другие разновидности отражения информации в памяти в этом определении относят к образам. Однако, с нашей точки зрения, в тех случаях, когда речь идет об образном мышлении, целесообразно разделять понятия (в логическом смысле) и образы.

В [1-3] и других работах мы определили эти отличия. Наиболее важными из них мы считаем следующие.

(1) Любые образы имеют субъективную составляющую.

(2) Структуру образа невозможно представлять в форме вектора признаков.

(3) Для образов характерно свойство целостности, а не полноты признакового пространства.

(4) Признаки в образах имеют различные уровни значимости.

(5) Образы содержат постоянную (инвариантную) часть и переменную (вариабельную).

(6) Интерпретация образов существенно зависит от контекстов, как самого образа и его автора, так и его интерпретатора.

(7) Структура образа динамична, Часто операции образного мышления меняют структуру образа.

Мы вообще считаем, что все мышление основано на операциях с образами. Понятийное мышление более целесообразно называть рассуждением.

2. Интеллектуальные операции Шадрикова

Известно изречение С Роуз: «Мозг работает не с информацией в компьютерном понимании этого слова, а со смыслом или значением. Мы не просто извлекаем образы из хранилища и, используя, возвращаем обратно в прежнем виде, а каждый раз пересоздаем заново» [5]. Поэтому, часто, трудно рассматривать образ без учета операций его синтеза и анализа. Для того что бы как то разобраться с такими метаморфозами, рассмотрим некоторые операции образного мышления.

В этом отношении, с нашей точки зрения, особый интерес представляет работа [6] известного психолога В. Д. Шадрикова. Он эти операции называет интеллектуальными. Под *интеллектуальной операцией* (ИО) Шадриков понимает [6] *«осознанные психические действия, связанные с познанием и разрешением задач, стоящих перед индивидом».*

Заметим, в психологии используется два определения термина мышление: в *широком* и *узком* специальном смысле. В широком смысле мышление - это активная познавательная деятельность субъекта, необходимая для его полноценной ориентации в окружающем природном и социальном мире. При изучении конкретных психологических механизмов высших познавательных процессов мышление определяют в узком смысле - *как процесс решения задач* [7]. Вторая трактовка, здесь, нам больше подходит, ввиду некоторой конструктивности. И, тогда, *процессы мышления можно сопоставить с системой интеллектуальных операций.* Рассмотрим

некоторые из них.

(1) В. Д. Шадриков считает базовыми интеллектуальными операциями *операции анализа и абстрагирования*.

(2) Наряду с практическими и эстетическими интересами анализу ситуации и выделению существенных с точки зрения решаемой задачи свойств способствуют *ассоциации по сходству, аналогии*. Наиболее простые ассоциации – это *ассоциации по смежности*. Более сложными представляются *ассоциации по сходству*. Главным здесь выступает сходство в объектах мысли, объектами же мысли в этом случае могут выступать и выступают отвлеченные от объекта свойства (абстракции, понятия). Заметим, что *ассоциации* являются одной из важнейших интеллектуальных операций.

(3) Часто они идут в единстве с ИО – *аналогиями*. Таким образом, объединяются в комплексы интеллектуальных операций: анализ (различение), синтез (ассоциации), поиски аналогий.

(4) Можно выделить еще ряд ИО, характеризующих мышление. Это – *сопоставление, сравнение, различение, раскрытие отношений, связей*. Мышление раскрывает сущность и свойства объектов (вещей). В процессе мышления происходит обобщение существенных связей (операции обобщения).

(5) Решая задачу, познавая с этой целью проблемную ситуацию, субъект использует систему взаимосвязанных друг с другом операций. «Таковыми являются сравнение, анализ и синтез, абстракция и обобщение. Все эти операции являются различными сторонами основной операции мышления – *«опосредования»*, т.е. раскрытия всё более существенных объективных связей и отношений».[8]

(6) В операциях *сравнения* вскрывается тождество и различие вещей, явлений и их свойств. На основе сравнения осуществляется *классификация и систематизация*.

(7) *Аргументирование* – как ИО заключается в отыскании совокупности взаимосвязанных суждений, приводимых в подтверждение истинности какого – либо другого суждения, гипотезы, точки зрения, мнения.

(8) *Установление связей* – как ИО. С выявления устойчивых, необходимых связей начинается человеческое познание. Как правило, выявление связей осуществляется в предметно – практической деятельности. В этом случае они раскрываются как функциональные качества вещи, т.е. такие качества, которые влияют на протекание процессов, явлений, раскрывают связь между свойствами вещи и её полезностью, значимостью, личностным смыслом. В науке связь между явлениями вначале устанавливается на уровне гипотезы, а затем подтверждается в экспериментах. В научных исследованиях, особенно современных, связь часто устанавливается методами математической статистики.

(9) *Выяснение значений и смыслов* – как ИО. Данная операция тесно связана с установлением связей. Как уже отмечалось нами, установление значения идёт одновременно с установлением связи, точнее первоначально

связь устанавливается благодаря её функциональной значимости.

(10) *Идентификация* – (от латинского – отождествление) понимается как процесс эмоционального и иного отождествления индивида с другим человеком, группой. Первоначально идентификация осуществляется на бессознательном уровне, но может проходить и как осознаваемый интеллектуальный процесс. Идентификация предполагает выделение качеств, черт, позволяющих усваивать сходство.

(11) *Индукция* – как ИО, представляет вид обобщения, связанный с предвосхищением результатов наблюдений, экспериментов, деятельности, поведения, на основе имеющихся данных (опыта субъекта).

(12) *Дедукция* – как ИО представляет вид суждения, когда совершается переход от общего к частному. Науки, предложения которых делаются как следствия некоторых общих положений, аксиом, постулатов принято называть дедуктивными.

(13) *Доказательство* – как ИО, процесс установления истины, обоснования истинности суждения. Понятие «доказательство» используют в двух смыслах: широком (содержательном) и узком (формальном).

(14) *Интерпретация* – (от лат. – разъяснение, (ис)толкование) ИО, суть которой заключается в определённом толковании эмпирических данных, теоретических положений, придания им определённой совокупности значений (смыслов). В интерпретации устанавливается связь научной теории и областей объективного мира. К сожалению, приходится констатировать, что значительная часть исследований заканчивается получением эмпирического факта, которому не даётся содержательная интерпретация. Интерпретация выступает как инструмент научного моделирования.

(15) Введем еще одну ИО – *номинация* (от лат. — название, именованье), суть которой состоит в образовании языковых (символьных, знаковых) единиц с номинативной функцией, то есть служащих для именованья и вычленения фрагментов действительности, формирования соответствующих понятий о них в форме слов, словосочетаний, фразеологизмов, предложений. Заметим, процесс именованья, фактически, заключается в отображении объектов одного множества в объекты другого множества (по каким-то причинам более целесообразным). Можно говорить и о моделировании. Поэтому, образы можно вербализовать, можно вербальные понятия обозначать образами, символами и т. д.

Все эти операции мышления, с нашей точки зрения проводятся на образах. Конечно, иногда их трудно вычленять из общего процесса. Как отмечал И.М. Сеченов, соединение в одном процессе восприятия предмета и его части порождает мысль. Таким образом, операции анализа и синтеза вплетены в процесс порождения мысли, суждения. Операции анализа и синтеза объединяются не только друг с другом, но и с операциями сравнения, сопоставления, абстрагирования и обобщения. Объединение интеллектуальных операций осуществляется в поведении и деятельности и

детерминируется объективными связями свойств предметов внешнего мира, на основе функционального значения этих свойств.

В дальнейшем мы классифицируем эти ИО с точки зрения образного мышления.

3. Пирамидальные сети Гладуна и структуры Загоруйко

В. П. Гладуном был разработан [9] аппарат построения растущих пирамидальных сетей (ПС - ациклический ориентированный граф, в котором нет вершин с единственной заходящей дугой). В пирамидальной сети информация хранится путем ее отображения в структуре сети. Пирамидой V называется вершина b и все те вершины, из которых существуют пути в эту вершину b . При построении сети в ней образуются вершины, чьи пирамиды соответствуют отдельным объектам, и вершины, чьи пирамиды соответствуют общим частям нескольких объектов. ПС удобны для выполнения различных операций ассоциативного поиска. Разработанные алгоритмы построения сетей обеспечивают автоматическое установление ассоциативной близости между объектами по общим сочетаниям значений признаков. При работе с естественно-языковыми текстами Гладун исходит из того, что семантическое представление текста и модель мира являются композициями сведений об объектах, их свойствах, связях между объектами и действиями над объектами. При этом элементарные факты выражаются осмысленными словосочетаниями минимальной длины. Сотрудники Института Математики СО РАН под руководством Загоруйко Н.Г. разработали, на основе ПС Гладуна, способ семантического представления текстов в виде Q-сетей (см. [10]) для автоматического построения онтологий. Пример Q-сети представлен на рис. 1.

Нижние (первичные) элементы в этих ПС называются *рецепторами*, остальные *концепторами*. Таким образом, уже давно пришло понимание, что векторное представление признаков, принятое в понятийной логике, не соответствует потребностям моделирования процессов мышления в компьютерных технологиях.

Мы считаем, что пирамидальные сети целесообразно использовать для представления структур образной информации. В этом случае *рецепторы* выполняют свою «традиционную роль» в отношении формирования образов, на первом уровне образов восприятия. С *концепторами* сложнее, т. к. возможно множество различных классов конкатенаций образов. Они могут соединяться посредством пространственных, временных, ассоциативных (даже «графический - вербальный» образы) и т. п. отношений. Причем, семантика соответствующих «сцеплений» должна быть отражена в *концепторе*, т. к. иначе не будут возможны интеллектуальные (см. 2 раздел) и другие операции над образами. Кроме этого, необходимо обеспечить динамику изменения образных структур (см. выше тезис С. Роуз).

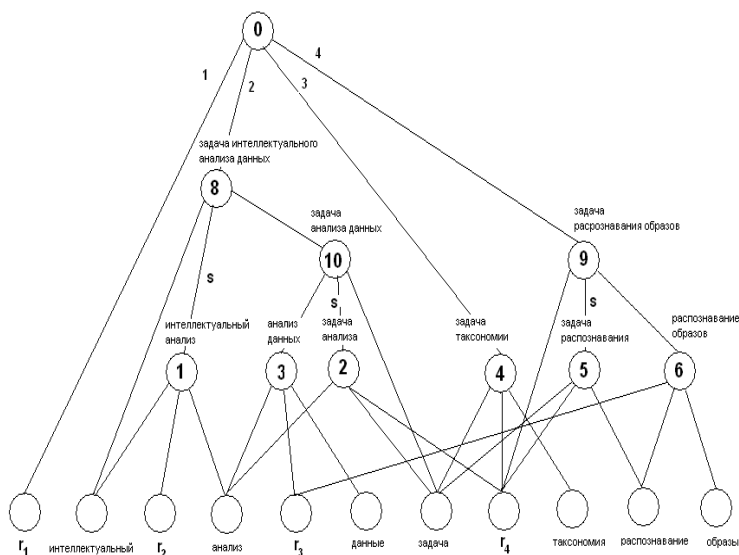


Рис. 1. Пирамидальная структура семантического представления предложения «Среди задач интеллектуального анализа данных имеются задача таксономии и задача распознавания образов»

4. Концептуальное модельное представление образного и символического мышления Белова-Рабиновича

Большая часть умственных процессов состоит из цепи образов. Содержание мысли при таком способе мышления обусловлено совокупностью всех звеньев в последовательной цепи образов.

Интересный подход к концептуальному моделированию образного и символического мышления предложен в [11]. Память рассматривается как нейронная среда, находящаяся в головном мозге, что не исключает возможностей расширенного ее толкования. В предельно сжатой формулировке эта ключевая гипотеза гласит, что "воспроизведение любого зафиксированного в памяти понятия (образа, знания) осуществляется возбуждением всех компонентов ее нейронной среды, составивших в совокупности это понятие". Это означает, что в соответствии с свойством иерархичности памяти (см., например, [12]) воспроизведение какого-либо образа в ней, представляемого в целом верхушкой его пирамиды, требует возбуждения компонентов всех ее уровней, для чего эта верхушка должна быть связана положительными связями со всеми лежащими ниже компонентами. Эти связи являются обратными по отношению к конвергентным связям, которыми пирамида была образована.

В [11] подчеркивается, что без обратных (дивергентных) связей образ в памяти вообще не фиксируется, т.е. они должны быть уже сформированы под

непосредственным воздействием входного объекта, образ которого фиксируется в памяти. Именно этим воздействием и осуществляется обучение памяти, иначе говоря, ее становление.

Возбуждение компонент пирамиды образа по обратным связям в [11] называют *внутренним взором*. Заканчивается эта операция, возбудимая верхушкой пирамиды, возбуждением компонентов на ее дне, которое дублирует всю совокупность сигналов-рецепторов, представляемых в памяти объекта. Эта особенность структуры памяти (дублирование), экспериментально подтвержденная, необходима для осуществления операции *внутреннего взора*, иначе возникли бы ложные возбуждения (миражи) рецепторов воспроизводимого из памяти образа.

С указанной дублирующей совокупности компонентов собственно и начинается память, фиксируемая снизу поступающими на них обратными связями. Иначе говоря, память в нейронной среде мозга начинается именно там, где кончаются обратные связи от ее высших уровней. Остальные компоненты этой среды (не память) служат для взаимодействия памяти с организмом в целом. Сказанное иллюстрируется на рис. 2 (заимствованном из [11]), изображающем две простейшие локальные структуры образов - еще не зафиксированную в памяти и уже зафиксированную в ней (соответственно с рецепторами-атрибутами *ABCD* и *CDEF*).

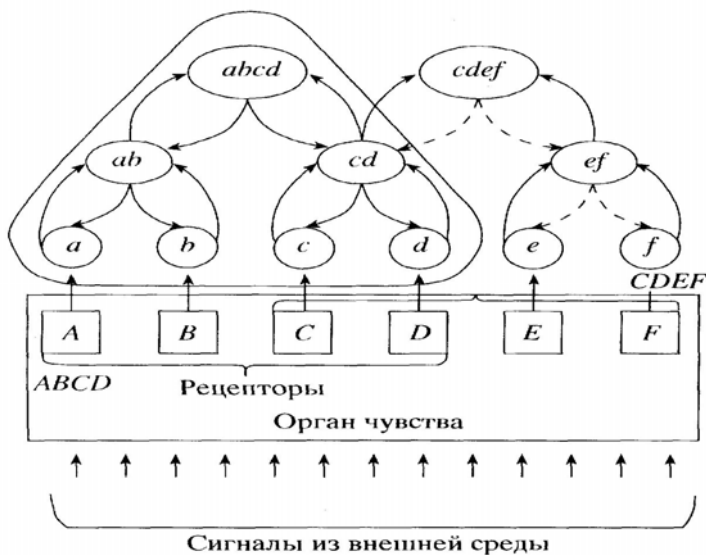


Рис. 2. Элементарные структуры восприятия образа, запоминания и распознавания

Эти структуры обладают общим компонентом *cd*, ассоциативно связывающим эти образы, чем уже обеспечивается их глобальное запоминание в памяти (разумеется, при достроенном образе *ABCD*).

В [11] показано (с использованием предложенного подхода) как, в целом процесс мышления является сочетанием неосознаваемого и осознаваемого. Весьма естественно это можно показать на модели процесса решения проблем, что является основной задачей естественного и искусственного интеллекта. Вспомним, в системном анализе *«проблемной ситуацией называют разницу между тем, что есть и тем, что хочется»*.

Эта задача сводится к нахождению причинно-следственной цепи действий, направленных на преобразование *исходной* ситуации в *целевую*. Эти ситуации модельно воплощаются в памяти, и вся цепь действий отображается последовательностью промежуточных ситуаций в переходе от исходных к целевой.

Совокупность этих ситуаций модельно представлена (как проблемная ситуация в целом) так называемым генератором проблем (ГП), полюсами которого являются исходная и целевая ситуации, замыкание которых и реализует решение проблемы (рис. 3). Это замыкание осуществляется на уровне *осознаваемых* логических рассуждений в языковой системе и *неосознаваемого* спонтанного распространения возбуждений в нейронной среде памяти и может восприниматься как внезапное озарение. Мы эту последовательность промежуточных ситуаций считаем цепочкой образов.

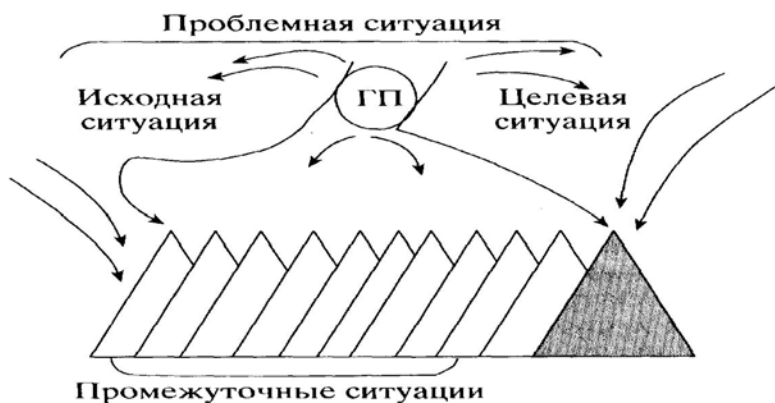


Рис. 3. Цель решения проблемы как преобразования образных ситуаций

5. Синтез и анализ образов в процессе мышления

Все образы, видимо, порождаются в процессе целенаправленной мыследеятельности (термин Г. П. Щедровицкого), при решении задач или проблем. И в основе их построения находятся операции синтеза и анализа (в предыдущем разделе, соответственно конвергентные и дивергентные процессы) образных структур, управляемых процедурами целедостижения. При этом, как образы инициируют операции и управляют ими, так и операции порождают образы. Именно поэтому весь процесс мышления можно представить цепочкой образов (см. рис. 3).

Исследование этой структуры образной информации показало целесообразность определения нескольких важных аспектов.

(1) Вместо иерархической структуры образной информации лучше говорить о пирамидальной. Но, в отличие от [9,10], *во-первых*, отношения между вершинами в этих структурах являются двунаправленными (для обеспечения операций и синтеза, и анализа), *во-вторых*, в вершинах-концепторах должна быть представлена информация о типе отношений между соединяемыми образами. Кроме этого, при конкатенации образов может измениться структура объединяемых образов.

(2) Число уровней «иерархии» определяются целостностями, входящими в рассматриваемый, конкретный образ. Поэтому, в целом, иерархическая (лучше, пирамидальная) структура – несимметрична (см. рис. 1), нерегулярна и гетерогенна (в отличие от структур, представленных на рис. 2 и 3). Условная траектория синтеза образов в процессе мышления и структура образа-результата представлена на рис. 4.

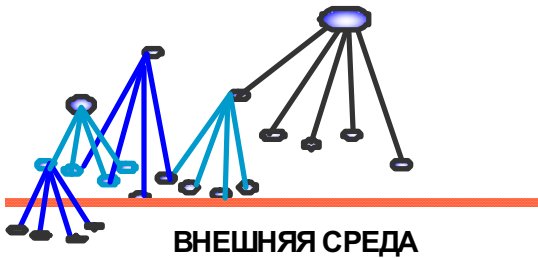


Рис. 4. Условная траектория синтеза структуры образов в процессе образного мышления

(3) Как следствие, траектория решения задач или проблем также не является симметричной и однородной, как на рис.3. Условный пример такой траектории представлен на рис. 5.

(4) На рис. 2-4 представлена иерархия сложности, а не управления, т.е. в ней отражаются отношения «много к многим» (M:N) между соседними

уровнями. Это - не древовидная структура.

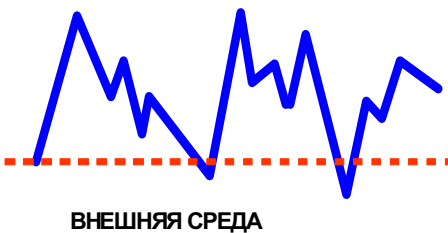


Рис. 5. Условная траектория образного мышления

(5) Конкретный образ имеет структуру пирамиды. Различные образы могут иметь разные «высоты» и различную «ширину». В вершине каждой такой пирамиды находится идентификатор образа и его «первичная» декомпозиция. Те, образы, которые связаны с «внешней средой» (см. рис. 4), называются перцептивными (или образами восприятия). Остальные – суть образы представления и

воображения. И операции образного мышления осуществляются с этими пирамидальными структурами, а не с векторами признаков.

(6) Число компонент на различных уровнях пирамиды не уменьшается по мере перемещения снизу вверх (как на рис. 1-3), а наоборот, *растет*. Это обусловлено, в частности, тем, что порождение новых образов может производиться с использованием самых различных комбинаций базовых («нижележащих») признаков (свойств).

(7) Как известно, конкретные задачи можно решать различными способами. Можно вообще не найти решения.

Соответствующие траектории изображены на рис.6. Заметим, что при решении проблем можно, вообще, получить различные решения. Например, в системах подготовки принятия решений в многокритериальных условиях обычно анализируют несколько альтернатив.

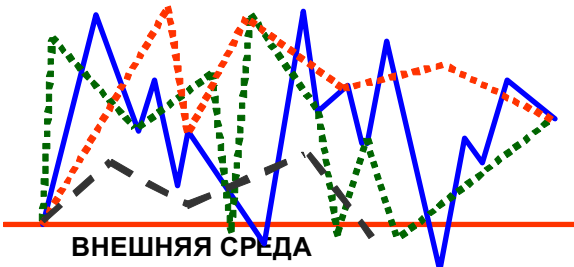


Рис. 6. Условные траектории образного мышления

(8) Множественность траекторий, представленных на рис. 6, показывает, что целенаправленность мышления (см. начало этого раздела) не обеспечивает следование некоторому алгоритму. Когда мы говорим об образном мышлении, то речь идет о творчестве, когда алгоритма не существует или он не известен. Такие задачи характерны для искусственного интеллекта. При наличии алгоритма мы будем говорить о понятийном мышлении, а, лучше, о рассуждении. И, тогда, речь идет о традиционных компьютерных технологиях.

Заключение. С нашей точки зрения все мышление основано на операциях с образами. Понятийное мышление более целесообразно называть рассуждением.

Важнейшим результатом данных исследований мы считаем обоснование целесообразности использования в моделировании образного мышления нелинейных структур представления информации. То есть, вместо векторов признаков (например, фреймов, по сути, линейных структур) предлагается использовать пирамидальные структуры. Можно говорить о сетях фреймов, но узлы в пирамидах имеют более сложную структуру ввиду множественности возможных типов отношений между различными образами и их компонентами. Заметим, именно взаимодействия (отношения, связи) компонент обеспечивают свойство целостности (эмергентности) любой системы, в частности, образа

Во втором разделе приведены интеллектуальные операции. В будущем мы надеемся разработать алгебру и логику пирамидальных структур с использованием этих операций. А далее можно говорить и об исчислении пирамид. Но, это уже формальный этап исследований.

1. Валькман Ю. Р. О целостности образа: доформальное исследование // Сборник научных трудов Междунар. конференции "Знания-диалог-решение" (KDS-2010) Киев, 2010.
2. Валькман Ю.Р. Структура образа: доформальное исследование. // Сборник трудов XI Междунар. конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2010)», Россия, Тверь, 2010.
3. Валькман Ю.Р. О структуре образа: доформальное исследование // Труды X-й Международ. конференции "Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2010", Киев, 2010.
4. Якиманская И. С. Основные направления исследований образного мышления. // Вопросы психологии, 1985, № 5.
5. Роуз С. Устройство памяти - от молекул к сознанию. – Москва: Мир, 1995.
6. Шадриков В.Д. Интеллектуальные операции. - М.: Логос, 2006, 108 с.
7. Гиптенрейтер Ю.Б., Спиридонов В.Ф., Фаликман М.В., Петухов В.В. "Психология мышления". // М.: АСТ: Астрель, 2008.
8. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии. Питер, 1999.
9. Гладун В.П. Планирование решений. Изд. «Наукова думка», Киев, 1987
10. Загоруйко Н.Г., Налетов А.М. Гребенкин И.М. На пути к автоматическому построению онтологии. //Труды конференции Диалог-2003. С.717-723.
11. Белов Ю. А., Рабинович З. Л. Память человека и мышление - образное и символическое. Концептуальное модельное представление. // Доклады Академии Наук, Москва: Наука, 2009, том 427, № 6.
12. Хокис Д., Блейкли С. Об интеллекте. Москва: Изд. Дом. Вильямс, 2007.

Поступила 14.03.2011г.

УДК: 004.94+ 711.4 +502.3+502:71

О.Ю.Дембовский, н.с., Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ И ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПЛАНИРОВАНИИ СБАЛАНСИРОВАННОГО РАЗВИТИЯ ГОРОДОВ

Abstract. The problem of decision support system for planning of sustainable urban development is considered. The necessity of development the decision support system is grounded. The model and prototype of the system are described.