

Функционально-логическая модель образного мышления в психолого-эргономических исследованиях искусственного интеллекта

Рассмотрены закономерности человеческого познания, связанные с образными и символично-логическими компонентами мышления. Разработана функционально-логическая модель образного мышления и представлена структурная схема модели. Проиллюстрированы психологические закономерности образного мышления, связанные с оперативной и долговременной памятью, жизненным циклом образов, фильтрацией и коррекцией образов в соответствии с разработанной функционально-логической моделью.

Ключевые слова: образное мышление, искусственный интеллект, моделирование, граф ассоциативности, закономерности образного мышления.

S.A. Yuditskiy

Functional and logical model of imaginative thinking in psychological and ergonomic studies of artificial intelligence

The regularities of human cognition associated with imaginative and symbolic-logical components of thinking are considered. A functional and logical model of imaginative thinking is developed and a block diagram of the model is presented. The psychological regularities of imaginative thinking related to operational and long-term memory, the life cycle of images, filtering and correction of images in accordance with the developed functional and logical model are illustrated.

Keywords: imaginative thinking, artificial intelligence, modeling, associativity graph, patterns of imaginative thinking.

Проблема моделирования образного мышления вот уже более четверти века интересует учёных в области искусственного интеллекта, психологии и эргономики, информационной антропологии и некоторых других отраслей научного знания (Д.А. Поспелов, 1994 [8], О.П. Кузнецов, 1998 [7], С.Н. Гринченко, 2012 [3], К.В. Дергачёв, А.А. Кузьменко, В.В. Спасенников, 2019 [4], К.К. Колин, 2019 [5] и др.).

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 парадигмы искусственного интеллекта (ИИ), предполагающей интеграцию логических и образных представлений.

Как отмечалось авторами работ [7, 9] в основе закономерностей человеческого познания лежит гибридная интеллектуальная когнитивная система, в которой образная (правополушарная) и символично-логическая (левополушарная) компонента тесно связаны. Полушария по-разному воспринимают явления окружающей среды, различна их роль в 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 [1, 11, 14, 16 и др.].

Д.А. Поспелов подчёркивал, что в контексте имитации образного мышления в искусственных интеллектуальных системах необходимо решить три основные проблемы:

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

2. Выработать понятийную систему ИИ, в рамках которой образ займёт 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 серьёзного не получим.

В 1977 году была опубликована работа Г.Фреге [15], в которой приведена интерпре-

тация отношений в системе «Сущность-Понятие-Образ-Модель-Знак», которая пред-

ставлена на рисунке 1.

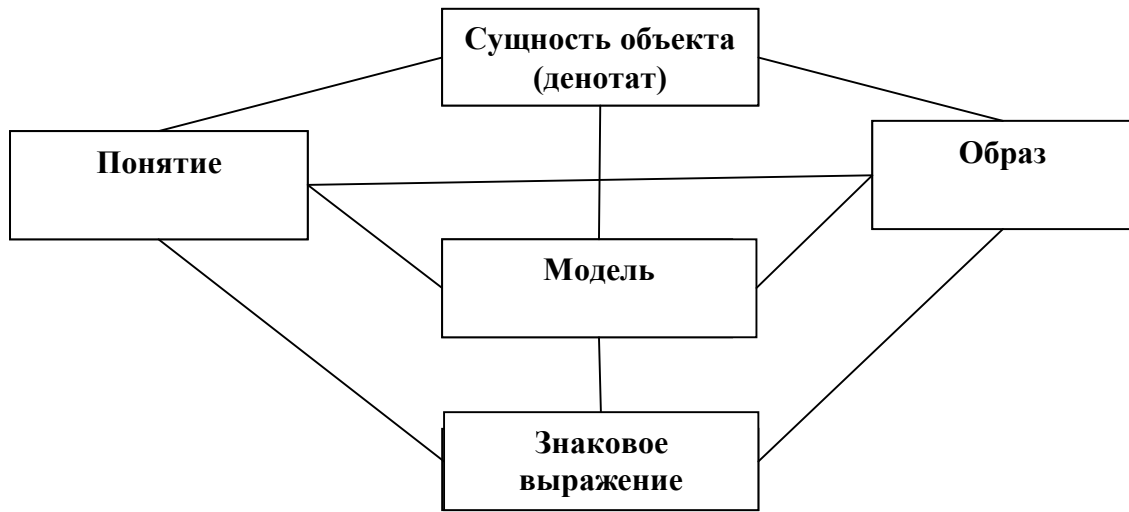


Рис.1. Графическая интерпретация отношений «Сущность-Понятие-Образ-Модель-Знак» [15]

В современной психологии и эргономике общепринятым является тот факт, что мышление характеризуется единством осознаваемого и неосознаваемого, левополушарных понятий и правополушарных образов. Ключевым выводом, который следует из анализа творческой и изобретательской деятельности является положение о том, что **мысль невозможно воспроизвести в компьютере** [12].

В работах в сфере эргономики, дизайна, художественного конструирования показано, что пространственное мышление является

разновидностью образного, при этом в творческих видах деятельности целесообразно выявлять закономерности таких мыслительных операций с образами как: анализ, синтез, абстрагирование, конкретизация, сравнение, классификация и систематизация [3,5,10,13,17 и др.].

Как показал Ю.Р. Валькман [2] с проблемами моделирования мыслительных операций и образного мышления связаны такие разделы научных дисциплин, как математика, логика, естественные и другие языки (рисунок 2).

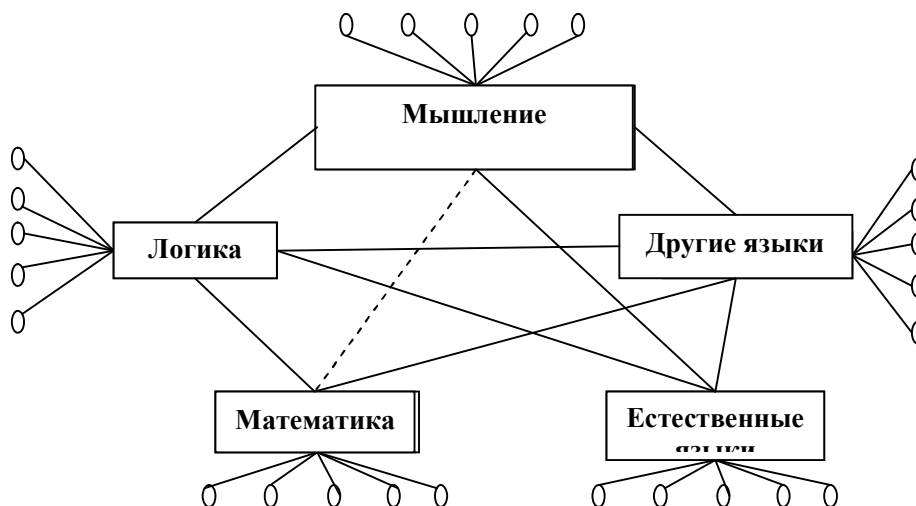


Рис.2. Отношения в системе моделирования «Мышление-логика-естественный язык-математика-другие языки» [2]

В работе [2] Ю.Р. Вальман обосновал, что основы образного мышления является наличие в их образах и их отношениях НЕ-факторов: неполноты, нечёткости, неточности

и т.д. На основании изложенного показано, что любой образ целесообразно представлять в виде интегрированного комплекса компонент, в которых выделяются [2]:

- Первичные и вторичные образы (и траектории их связей);
- Чёткие и нечёткие образы;
- Формальные, неформальные и имплицитные образы;
- Сложные отношения структуризации образов по самым различным критериям;
- Информация о том, результатом функционирования какого рецептора является соответствующий образ.

Исходя из представленных на рис.2. отношений в системе моделирования, в данном исследовании рассмотрим один из возможных вариантов построения функционально-логической модели (ФЛМ), а именно модели образного мышления [18].

Словосочетание «образное мышление» свидетельствует о том, что человек мыслит (может мыслить) на языке образов. Под образом будем понимать целостный виртуальный информационный объект, поддержанный определенной конфигурацией активированных нейронов. Образ состоит из двух частей – содержательной (смысловой) и эмоциональной (фоновой). Содержательная часть образа первично порождается информацией из трех источников: от внешней среды (в данный момент времени); от долговременной памяти, отражающей события всей предыдущей жизни человека; сигналами, отображающими физическое состояние организма. В контексте данной работы рассматривается одна из возможных функционально-логических моделей, а именно модель образного мышления.

Информация от внешней среды может содержать компоненты, соответствующие органам чувств: визуальную (текст, формулы, картинки), звуковую (музыка, шумы), обонятельную (запахи), вкусовую и тактильную, а также их различные комбинации. Эмоциональная (фоновая) часть образа является в основном следствием содержательной части, эта часть образа зависит от состояния организма. В зависимости от ситуации эмоциональный фон образа может многократно изменяться. Сформированный содержательный образ до конца жизни хранится в долговременной памяти, но при необходимости может временно передаваться в оперативную (рабочую) память, которая интерпретируется как поле сознания. Осознание образа трактуется как привлечение к нему внимания при нахождении в оперативной памяти. ФЛМ отображает потоки мысленных образов, в том числе преобразования, которые могут выполняться над ними. Рассмотрим структурное описание ФЛМ образно-

го мышления и на ее основе обсудим некоторые психологические закономерности.

Функционально-логическая модель образного мышления

Структурная схема ФЛМ в виде ориентированного графа дана на рисунке 3. Вершины графа изображаются прямоугольниками и соответствуют действиям (операциям), производимым над образами. Дуги (стрелки) отображают потоки образов. При работе мозга нейрон активизируется от 5 до 50 раз в секунду, в то время как временной интервал между появлением новых образов как правило существенно больше. Быстродействие мозга намного превышает быстродействие среды (внешней и внутренней), порождающей новые образы. Это дает основание считать, что к моменту «рождения» нового образа все необходимые подготовительные внутренние процессы в мозге завершены, и цикл обработки применительно к уже новому образу повторяется. Другими словами, мозг, вероятно, работает по асинхронному принципу. Рассмотрим более подробно функционирование модели, показанной на рис.3. Операция P_1 на основе оговоренной выше внешней и внутренней информации кодирует представление образа на внутреннем языке мозга (на сегодняшний день нет единого общепринятого мнения о характеристиках такого языка). Код образа передается на операцию P_2 , которая осуществляет предварительную оценку содержательной (в специальных случаях и эмоциональной) части образа: полезен (+), вреден (-), безразличен (0). Безразличные образы отсеиваются, что защищает мозг от излишней информации. Возможно, следовало бы отсеивать и эмоционально резко отрицательные (панические) образы, которые исходя из общепсихологических представлений, являются плодом фантазии.

Образ, предварительно оцененный как положительный или отрицательный, передается на операцию P_3 , реализуемую в рабочей (оперативной) памяти мозга. Цель данной операции, представляющей собой сложный процесс, состоит в уточнении характеристик образа и определении того, насколько он может быть полезен или вреден. Прежде всего выясняется, не содержится ли он в долговременной памяти мозга, где в упорядоченном виде хранятся все образы от момента появления у младенца способности к образному мышлению вплоть до настоящего момента. Если не со-

держится, то определяются все образы, ассоциативно связанные с данным образом. Процесс выявления ассоциативных связей повторяется для вновь введенных образов, и т.д., вплоть до появления уже встречавшегося образа, или образа, который ни с чем не ассоциируется. Все вышеописанное фиксируется в виде графа ассоциативности, пример которого дан внутри прямоугольника P_3 . Граф ассоциативности всегда может быть построен за конечное число шагов, т.к. число образов в долговременной памяти мозга ограничено. Вместе с тем, кажется сомнительным, чтобы уточнение характеристик образа мозг производил таким прямолинейным способом – построением полного графа ассоциативности. Возможно, он эвристически сокращает число шагов алгоритма и вводит в оперативную память фрагменты графа, удовлетворяющие ограничениям на емкость оперативной памяти мозга. Уточнение параметров может выполняться путем сопоставления образов. На формальной модели это можно выполнить перемещением маркеров (фишек) между вершинами фрагмента (подграфа) графа ассоциативности, где наличие маркера в вершине, сопоставленной образу, интерпретируется как привлечение внимания (осознание) образа. В модели оперативной памяти мозга может быть одновременно маркировано несколько вершин. Это иллюстрирует способность человека одновременно думать о разных вещах, вероятно «перескакивая» с образа на образ. Осознанный образ из оперативной памяти передается на операцию P_4 , которая осуществляет его семантический анализ. Если содержание образа с точки зрения субъекта негативно, и это подтверждается отрицательной эмоциональной окраской, то проверяется возможность коррекции исследуемого образа. Мозг моделирует ситуации, которые могут возникнуть как следствия этого негативного фрагмента (подграфа) графа ассоциативности, где наличие маркера в вершине, сопоставленной образу, интерпретируется как привлечение внимания (осознание) этого образа. В модели оперативной памяти мозга может быть одновременно маркировано несколько вершин, и среди них вершина негативного образа. Мозг моделирует ситуации, которые могут возникнуть как следствия этого негативного образа, и среди них ищет позитивные ситуации. Если такие находятся, то тем самым изменяется (в позитивную сторону) и содержание образа, и его эмоциональная оценка – настроение субъекта. Коррекция образа производится опера-

цией P_5 .

Дуги графа на рис. 3 помечены следующими потоками образов: T_1 – сформированные образы, включающие содержательную часть и эмоциональную оценку; T_2 – прошедшие предварительную оценку; T_3 – переданные из оперативной памяти на семантический анализ; T_4 – не требующие коррекции; T_5

– направленные на коррекцию; T_6, T_7 – откорректированные образы; T_8 – запросы в долговременную память; T_9 – ассоциированные образы из долговременной памяти.

Приведем возможный вариант коррекции образа. Вы полностью доверяли человеку, считали его своим верным другом. И неожиданно узнали, что он вас неоднократно предавал. Вам очень тяжело. Но вы ведь узнали истинное лицо этого «друга», и больше никогда он таковым не будет. Произошло снятие эмоционального напряжения.

Разработанная функционально-логическая модель иллюстрирует ряд известных психологических закономерностей. Приведем некоторые из них.

1) *Жизненный цикл образа.* Очень старые люди с неповрежденным мозгом хорошо помнят то, что происходило с ними в раннем детстве. Следовательно, конфигурация активированных нейронов, поддерживающая ранние образы, сохранялась в долговременной памяти мозга всю жизнь, и эти нейроны не участвовали ни в каких других конфигурациях.

2) *Фильтрация образов.* Отсевание образов на операции P_2 , вероятно, производится путем оценки их числовых характеристик. Рассмотрим возможную версию этого процесса. Введем две характеристики функционально-логической модели образного мышления, принимающие значения на целочисленной балльной шкале. Эти характеристики являются функциями, определенными на дискретном времени $t = 0, 1, \dots, N$, в котором работает мозг. Пусть функция $x(t)$ отображает приоритет образа, находящегося в оперативной памяти мозга, и принимает только положительные значения (чем больше значение, тем выше приоритет), а функция $y(t)$ соответствует текущей эмоциональной оценке этого образа и может иметь как положительное, так и отрицательное значение. Зададим константы x^* , $-y^*$. Образ отсеивается (фильтруется), если $(x < x^*)$ или $(y < -y^*)$.

3) *Выстраивание неосознанных цепочек образов.* Если мозг настроен на какую-то «доминантную тему», то в голове возникают самые невероятные образы, казалось бы не

имеющие отношения к теме. Но если «распутать клубок», то обнаружится ассоциативная связь (может быть очень длинная и сложная) между данным и доминантным образами. Связь эта реализуется взаимодействием между

оперативной и долговременной памятью мозга. Алгоритм взаимодействия может быть описан на языке математики (аппарата математической логики контекстов..

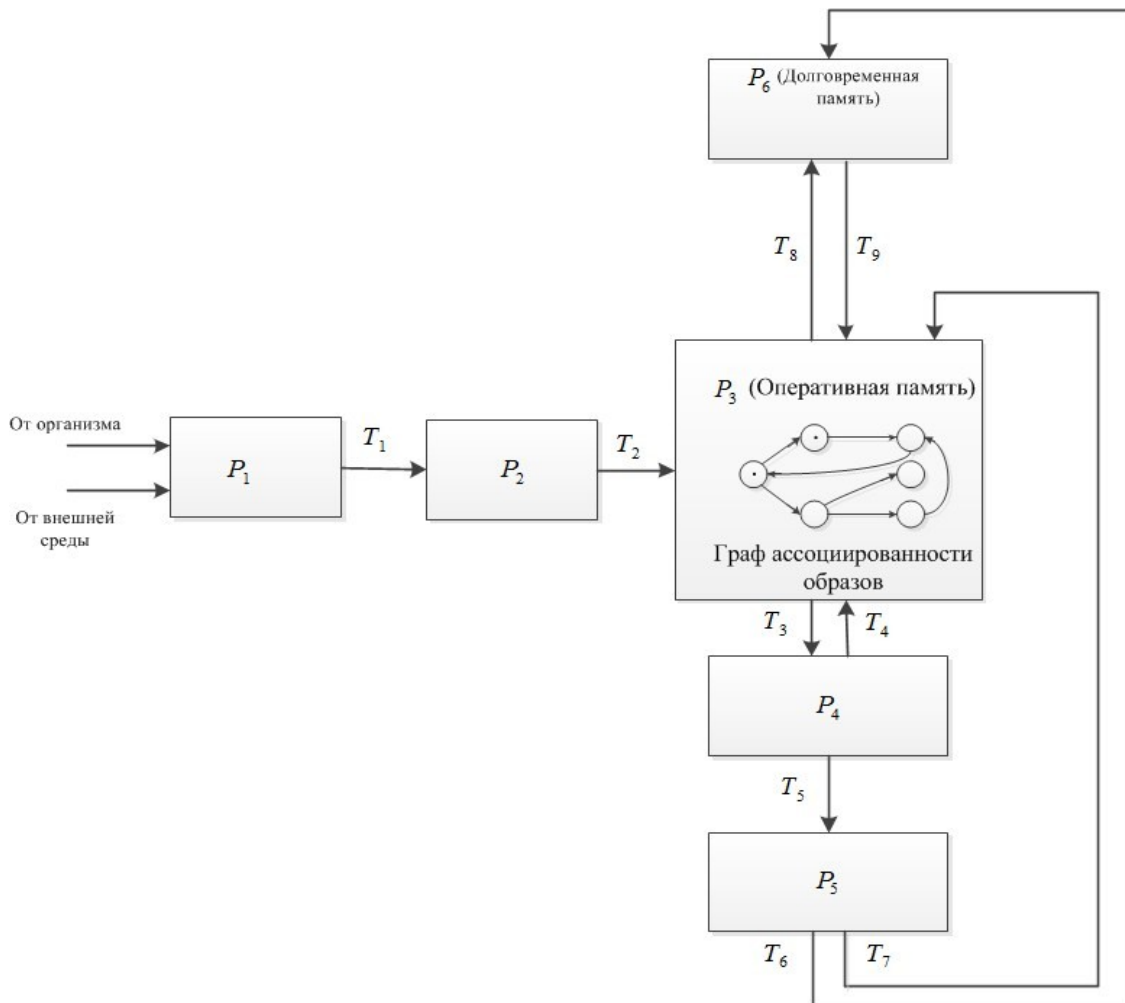


Рис.3. Функционально-логическая модель образного мышления

4) *Параллельные цепочки образов в поле сознания.* Об этом феномене достаточно много написано. Посторонние мысли могут врывать- ся в рассуждения, нарушать логику изложе- ния. Причем процессы эти происходят в опе- ративной памяти – поле сознания. В принципе возможны два варианта: либо это взаимодей- ствие независимых процессов, либо это один процесс с прерываниями и вставками. Мозг исследован крайне недостаточно.

5) *Возникновение циклов – повторяющих- ся последовательностей образов.* Циклы воз- никают при взаимодействии оперативной и долговременной памяти, если в последова- тельности образов приходим к такому, кото- рый уже встречался ранее. Цикл осознается при «повторении ходов» (в шахматной терми- нологии). Для выхода из цикла рекомендуется

переключить внимание на другую доминант- ную тему.

6) *Дыхательно-текстовая медитация.* Основана на диафрагмальном дыхании, кото- рое сопровождается мысленным проговарива- нием выученных наизусть стихотворных тек- стов. Тексты подбираются таким образом, чтобы вызвать у субъекта при медитации по- зитивные содержательные образы, несущие: запомненное ощущение счастья разделенной любви, душевного покоя, свободы, умиротво- рения, радости, и т.д. Как правило, позитив- ные образы возникает при воспоминаниях о близких и дорогих людях, о судьбоносных счастливых случаях в жизни, о приятных со- бытиях. Текст может быть песней или роман- сом и мысленно сопровождаться музыкаль- ным фоном.

7) *Борьба с ложными и вредными образами.* Ложным образом может быть неадекватная гипертрофированная реакция на малозначительное событие, которое вы восприняли как обиду (но которой оно в реальности не было).

Пример вредного образа – детальное и многократно повторяемое моделирование предстоящего события со страхом его плохого исхода (тем самым вы настраиваетесь на плохой исход). И множество других подобных случаев. Эффективный способ борьбы – осознание этих образов как ложные и вредные, переключение сознания с помощью медитации.

Приведенные выше психологические закономерности функционирования ФЛМ связаны и подтверждаются личным опытом автора. Вполне очевидно, что оценка адекватности разработанной модели требует проведения дальнейших исследований. В качестве направлений дальнейших психолога – эргономи-

ческих исследований можно назвать следующие:

- исследование характеристик образного мышления на основе анализа процессов правостороннего, визуального и продуктивного мышления;
- разработка принципов построения символического языка образного мышления;
- компьютерная имитация важнейших свойств образного мышления, основанная на определении основных операций с образами различных модальности.

Перспективным является создание временного творческого коллектива и заявка на получение гранта РФФИ на разработку образного нейрокомпьютера, с целью использования компьютерных технологий образного мышления, что будет являться новым этапом национальной стратегии развития искусственного интеллекта с позиций психологии, эргономики, системного анализа и управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беляков, С.А. Прецедентный анализ объектов в интеллектуальных геоинформационных системах / С.Л. Беляков, М.Л. Белякова, М.Н. Савельева // Информационные технологии. – 2013. - №7. – С. 22-25.
2. Валькман, Ю.Р. Не-факторы – основа образного мышления // Труды II-Междунар. Научно-практ. семинара «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». – Москва: Физматлит, 2003. – С.26-33.
3. Гринченко, С.Н. Об эволюции психики как иерархической системы (кибернетическое представление) / С.Н. Гринченко // Историческая психология и социология истории. – 2012. – т.5. - №2. – С. 60-76.
4. Дергачев, К.В. Анализ взаимосвязи объекта и парадигмы исследования в эргономике с использованием информационных технологий / К.В. Дергачев, А.А. Кузьменко, В.В. Спасенников // Эргодизайн. – 2019. - №1(03). – С. 12-22. DOI: 10.30987/article_5c518d8bd8e3d8.46297271.
5. Колин, К.К. Новый этап развития искусственного интеллекта: национальные стратегии, тенденции и прогнозы / К.К. Колин // Стратегические приоритеты. – 2019. - №2 (22). – С. 4-12.
6. Колин, К.К. Информационная антропология: Новая концепция познания природы человека / К.К. Колин // Researcher European Journal of Humanities and Social Sciences. – 2019. - №3 (2). – С. 85-115.
7. Кузнецов, О.П. Быстрые процессы мозга и обработка образов / О.П. Кузнецов // Новости искусственного интеллекта. – 1998. - №2. – С.88-92.
8. Поспелов, Д.А. Серые и/или чёрно-белые / Д.А. Поспелов // Прикладная эргономика. Рефлективные процессы. Специальный выпуск. – 1994. - №1. – С. 29-33.
9. Поспелов, Д.А. Метафора, образ и символ в позна-

REFERENCES

1. Belyakov, S.A. Precedent analysis of objects in intelligent geoinformation systems / S.L. Belyakov, M.L. Belyakova, M.N. Saveleva // Information technologies. - 2013. - No. 7. - P. 22-25.
2. Valkman, Yu.R. Non-factors-the basis of imaginative thinking // Trudy II-mezhdunar. Scientific-practical.seminar "Integrated models and soft computing in artificial intelligence". - Moscow: Fizmatlit, 2003. - P. 26-33.
3. Grinchenko, S.N. On the evolution of the psyche as a hierarchical system (cybernetic representation) / S.N. Grinchenko // Historical psychology and sociology of history. - 2012. - vol. 5.- No. 2. - P. 60-76.
4. Dergachev, K.V. Analysis of the relationship between the object and the research paradigm in ergonomics using information technologies / K.V. Dergachev, A.A. Kuzmenko, V.V. Spasennikov // ErgoDesign. – 2019. - No. 1(03). - P. 12-22. DOI: 10.30987/article_5c518d8bd8e3d8.46297271.
5. Kolin, K.K. A new stage in the development of artificial intelligence: national strategies, trends and forecasts / K.K. Kolin // Strategic priorities. – 2019. - No. 2 (22). - P. 4-12.
6. Kolin, K.K. Information anthropology: a New concept of knowledge of human nature / K.K. Kolin // Researcher European Journal of Humanities and Social Sciences. – 2019. - No. 3 (2). - P. 85-115.
7. Kuznetsov, O.P. Fast brain processes and image processing / O.P. Kuznetsov // News of artificial intelligence. - 1998. - No. 2. - P. 88-92.
8. Pospelov, D.A. Gray and / or black and white / D.A. Pospelov // Applied ergonomics. Reflexive processes.Special issue. - 1994. - No. 1. - P. 29-33.
9. Pospelov, D.A. Metaphor, image and symbol in the

нии мира / Д.А. Поспелов // Новости искусственного интеллекта. – 1998. - №1. – С.94-114.

10. Психологический словарь / Под общ.ред. А.В. Петренко. – М.: Политиздат, 1990. – 497 с.

11. Солсо, Р.Л. Когнитивная психология / Р.Л. Солсо. – Санкт-Петербург: Питер, 2006. – 589 с.

12. Спасенников, В.В. Экономико-психологический анализ успешности изобретательской деятельности / В.В. Спасенников // Психолого-экономические исследования. – 2016. – т. 3-9. - №3. – С. 79-93.

13. Толковый словарь по искусственному интеллекту. – М.: Радио и связь, 1992. – 256 с.

14. Фоминых, И.Б. Инженерия образов, творческие задачи, эмоциональные оценки / И.Б. Фоминых // Онтология проектирования. – 2018. – т. 8. - №2(28). – С. 175-189.

15. Фреге, Г. Смысл и денотат / Г. Фреге // Семиотика и информатика. – 1977. – вып. 8. – С. 181-211.

16. Хансон, Р. Мозг и счастье. Загадки современной нейропсихологии / Р. Хансон, Р. Мендиус. – М.: Эксмо, 2011. – 320 с.

17. Худяков, А.И. Обобщенный образ и проблема психологических измерений / А.И. Худяков // Экономическая психология: прошлое, настоящее, будущее. – 2016. - №3-1. – С. 15-25.

18. Юдицкий, С.А. Моделирование логики образного мышления / С.А. Юдицкий // Прикладная физика и математика. – 2014. - №2. – С. 9-12.

knowledge of the world / D.A. Pospelov // News of artificial intelligence. - 1998. - No. 1. - P. 94-114.

10. Psychological dictionary / Under the General editorship of V. Petrenko. - Moscow: Politizdat, 1990. – 497 p.

11. Solso, R.L. Cognitive psychology / R.L. Solso. - Saint Petersburg: Peter, 2006. - 589 p.

12. Spasennikov, V.V. Economic-psychological analysis of the inventive activities' success / V.V. Spasennikov // Psycho-economic studies. - 2016. - vol. 3-9. - No. 3. - P. 79-93.

13. Explanatory dictionary of artificial intelligence. - Moscow: Radio and communications, 1992. - 256 p.

14. Fominykh, I.B. Image engineering, creative tasks, emotional evaluations / I.B. Fominykh // Ontology of design. - 2018. - vol. 8. - No. 2(28). - P. 175-189.

15. Frege, G. Sense and denotation / G. Frege // Semiotics and Informatics. - 1977. - vol. 8. - P. 181-211.

16. Hanson, R. Brain and happiness. Riddles of modern neuropsychology / R. Hanson, R. Mendius. - Moscow: Eksmo, 2011. - 320 p.

17. Khudyakov, A.I. Generalized image and problem of psychological measurements / A.I. Khudyakov // Economic psychology: past, present, future. - 2016. - No. 3-1. - P. 15-25.

18. Yuditsky, S.A. Modeling of the imaginative thinking's logic / S.A. Yuditsky // Applied physics and mathematics. - 2014. - No. 2. - P. 9-12.

Ссылка для цитирования:

Юдицкий, С.А. Функционально-логическая модель образного мышления в психолого-эргономических исследованиях искусственного интеллекта / С.А. Юдицкий // Эргодизайн. – 2020. - №1 (07). – С.42-48. DOI: 10.30987/2658-4026-2020-1-42-48

Сведения об авторах:

Юдицкий Семён Абрамович

доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем управления им. В.А. Трапезникова (г. Москва)

E-mail: yuseab32@yandex.ru

ORCID

Abstracts:

S.A. Yuditsky

doctor of technical Sciences, Professor, chief scientific officer of the Institute of management problems named by V.A. Trapeznikov (Moscow)

E-mail: yuseab32@yandex.ru

ORCID

Статья поступила в редколлегию 27.12.2019 г.

Рецензент:

д-р психол.наук, профессор Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, член редсовета журнала «Эргодизайн» Худяков А.И.

Статья принята к публикации 15.01.2020 г

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Брянский государственный технический университет"

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: 8-960-549-95-94, 8-(4832) 58-82-80. E-mail: ergodizain@yandex.ru

Вёрстка А.А. Алисов. Технические редакторы А.А. Алисов, К.Ю. Андросов. Корректор К.Ю. Андросов.

Сдано в набор 17.03.2020. Выход в свет 30.03.2020.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88.

Тираж 500 экз. Свободная цена.



Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Брянский государственный технический университет". Зав. лабораторией Д.Ю. Тулаев 241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16