

УДК 004.8

## РОЛЬ И ВОЗМОЖНОСТИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕЗАУРУСОВ В КОГНИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ<sup>1</sup>

Тучкова Наталия Павловна

К.ф.-м.н., с.н.с., Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук  
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление»  
Российской академии наук, г. Москва, 119333, ул. Вавилова, 40,  
e-mail: [tuchkova@ccas.ru](mailto:tuchkova@ccas.ru)

**Аннотация.** Рассматриваются проблемы восприятия информации в обучении, науке, критических ситуациях в контексте когнитивных технологий. Учесть семантику предметных областей при использовании когнитивных технологий - одна из задач цифровой среды. Эту задачу предлагается решать путем привлечения специализированных предметных тезаурусов. Отмечается, что в цифровую эпоху возрастает роль специализированных тезаурусов, как основы для онтологического представления данных в информационных системах. На базе тезаурусов легко сформировать онтологию ситуации и использовать ее как модель данных для когнитивных агентов.

**Ключевые слова:** тезаурус, когнитивная технология, онтологии, когнитивные агенты.

**Цитирование:** Тучкова Н.П. Роль и возможности специализированных тезаурусов в когнитивных технологиях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 1 (13). С. 5–15. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-1-01

**Введение.** Отличие современного стиля работы заключается в скорости получения и распространения данных, как следствия *изменения формы представления и способа передачи информации*. Попутно современный читатель превратился в пользователя. В начале человеческой цивилизации были графические и символные формы представления, потом появились текстовые и видео. Благодаря развитию произошли кардинальные изменения в носителях, скорости передачи и восприятия информации. Необходимость быстро усваивать (воспринимать, прочитывать и понимать) информацию диктует новые формы ее подачи и развитие соответствующих когнитивных технологий. *Идея сжатия информации* стала главенствовать в этих технологиях, а *время становится основным ресурсом*, который надо экономить.

Проблема когнитивного восприятия возникла как часть информационных технологий искусственного интеллекта (artificial intelligent). Исследования, связанные с искусственным интеллектом, достаточно специализированные и высокотехнические. Основные проблемы искусственного интеллекта включают создание программных продуктов, предназначенных для оперирования с *логическими рассуждениями, знаниями, логикой решения задач, восприятием информации (распознаванием), обучением, планированием, управлением объектами*.

<sup>1</sup> Работа выполнена при частичной поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 17-07-00217а, 18-00-00297комфи

Поэтому, когда механические, а потом и интеллектуальные функции в производстве и коммуникациях стали передаваться машинам, автоматам, компьютерам, "когнитивным (интеллектуальным) агентам<sup>2</sup>" (intelligent agents), ученые задумались о процессе взаимодействия человека с компьютером (brain-computer interface) и компьютеров между собой (computer - computer interface). До этого проблемой когнитивного восприятия интересовались в медицинском, психологическом и социальном аспектах.

Исследования в распознавании речи, обучении, планировании, решении задач составляют одну из ключевых частей в технике представления знаний и в когнитивных технологиях.

Перед разработчиками ставится задача создания информационной среды с заданными свойствами и соответствующими целями, одну из которых составляет улучшение когнитивного восприятия информации (не будем рассматривать случай, когда информация намеренно искажается или скрывается от пользователя). Это относится в первую очередь к системам обучения (образования) и научной информации, но также распространяется на сферы бизнеса, медицины и технологическую информацию, которая сопровождает инженерные (электрические, газовые) сети, мониторинг среды и др. Часть из перечисленного непосредственно влияет на повседневное существование современного общества, а запаздывание, искажение, игнорирование, неверное понимание и восприятие информации может способствовать созданию критической ситуации.

Когнитивные технологии это - технологии усвоения, что, естественно, подразумевает под собой процесс, а не единичное действие. Этот процесс начинается с *выбора способа представления знаний* (данных) и продолжается до *оценки результата усвоения*. Способ представления и оценки знаний варьируются в зависимости от предметной области. В ряде случаев могут использоваться компьютерные технологии, когда, как в некоторых областях, например, психологии или социологии, активно используются ролевые игры и тесты. Тем не менее, когнитивная графика в любом случае используется, как практически неотъемлемый элемент представления информации для тестов и коммуникации в процессе усвоения и оценки знаний.

Идея о сопровождении предметных тезаурусов графикой и поддержки когнитивной графики пояснениями и справочным материалом из соответствующих тезаурусов стала реализовываться, как только позволили технологии. Когда появились первые программы визуализации связей в онтологиях, сразу стало понятно, что это эффективный рабочий инструмент и его взяли на вооружение когнитивные технологии. Проекты WebVOWL<sup>3</sup> Protégé<sup>4</sup>, OWLGrEd<sup>5</sup> и многие другие предлагают технологии визуализации предметных онтологий. Но, остается вопрос о наполнении предметных областей, создании самих описаний с выделением главных понятий и терминов и связей между ними, которые задаются логикой предметных областей. Основу для таких описаний, как и раньше, составляют словари со связями - тезаурусы предметных областей. На базе тезаурусов,

---

<sup>2</sup> Программные средства (агенты) высокого уровня, обеспечивающие интеллектуальными свойствами, такими, как формирование цели и плана действий (<https://www.igi-global.com/chapter/ambient-intelligence/10230>)

<sup>3</sup> WebVOWL (<http://vowl.visualdataweb.org>)

<sup>4</sup> Protégé (<https://protege.stanford.edu/>)

<sup>5</sup> OWLGrEd ([http://owlgred.lumii.lv/online\\_visualization](http://owlgred.lumii.lv/online_visualization))

обращаясь к технологиям языков онтологий, можно формировать онтологии предметных областей и описания ситуаций, и использовать их как модели данных для когнитивных агентов.

**Из истории вопроса.** Цифровое сообщество достаточно давно осознало важность когнитивных технологий, а для представления данных вновь обратилось к символьной и графической информации. Например, научные приложения, знания, где нельзя обойтись без символики: математика, химия, физика, механика, нанотехнологии и другие, которые также наследуют математическую символику. Современное материаловедение включает молекулярное моделирование, что означает наследование химической символики. Понимание формул относится к когнитивной графике. В свою очередь необходимы механизмы для интерпретации графики. Символы и формулы в восприятии ученого, графика в менеджменте, сигналы в технике, знаки в семиотике - это различные интерпретации. История обращения человечества к графике - это история коммуникации и она насчитывает многовековой период. Начиная с *Homo sapiens* и до настоящего времени (*цифровой эпохи, Digital Era*) графика используется для передачи и усвоения информации. Но, на заре цивилизации вопрос о передаче знаний и интерпретации информации носил ограниченный характер. Речь не шла о дистанционном обучении, управлении или удаленном общении через цифровые средства связи. На рис. 1 схематично отражены периоды развития средств визуализации и коммуникации "человека разумного", которые включают этапы использования графики, символов, письменности, печати и компьютерных технологий.



**Рис. 1.** Средства коммуникации с доисторического времени до цифровой эпохи: изображения, пиктограммы, иконы, символы, письменность, цифровая информация

Из этой иллюстрации (рис. 1) видно, что визуализация информации необходима для наилучшего восприятия и взаимодействия между индивидуумами. В цифровую эпоху к этому добавляется *взаимодействие индивидуума с устройствами и между устройствами*. Роль когнитивной графики и ее интерпретации в различных сферах человеческой

деятельности возрастает. Например, в работе [11] предлагается вариант выявления некоторых математических способностей на основе механизма анализа символической информации.

Учет семантики предметных областей при создании *когнитивной графики* - одна из задач цифровой среды. Эта задача решается путем *привлечения специализированных предметных тезаурусов*. Исследования в этом направлении ведутся с середины прошлого столетия и включают проблемы как информационного запроса [9], так и собственно представления предметных областей и расширения информационного запроса с помощью отношений между понятиями [12]. В монографии [2] дается анализ того, как *модель восприятия информации изменилась по мере технологического прогресса*: от модели профессионального обучения "*обучение на практике*" к модели "*коммуникации и контроля*". На основе ключевых понятий теории управления информацией (кибернетики) анализируется восприятие "знания", "фактов", "данных". Утверждается, что "информация" - это цепь семантически связанных фактов и, задавая семантику данных, можно получить модель ситуации, типа "вход-выход" ("исходная информация" - "конечная информация"). Таким образом, центральными проблемами в профессиональном восприятии информации, с точки зрения автора [2], становятся "управление информацией" и "управление поведением". Со времени выхода этой монографии прошло уже больше 20 лет, и в современных информационных системах используются семантические модели данных. Вопросам использования специализированных тезаурусов, содержащих символическую информацию для идентификации конфликтной ситуации, посвящена работа [10], а вопросам расширения знаний в цифровом представлении математической предметной области - работа [1]. Настоящее исследование посвящено когнитивным возможностям использования тезаурусов для интерпретации символической и графической информации на примере смежных предметных областей и задач управления.

**Проблема улучшения восприятия информации.** С изменением скорости передачи информации и получения ответного сигнала в виде управления возросла проблема улучшения восприятия информации. Традиционные когнитивные инструменты претерпели изменения и дополнились новыми инструментами искусственного интеллекта. Один из исследователей (Iqbal M., [6]) в 2015 году отразил многообразие взаимодействия современного *homo sapiens* с различными электронными устройствами "*brain-computer interface*" в виде карты, на рис. 2. Интересно, что скорость развития этой области такова, что теперь почти через 5 лет эту карту можно дополнить взаимодействием "*computer - computer interface*", которое на рис. 2 отражено частично. Человеку отводится роль управления потоками информации, а логика процессов управления опирается на семантику связей объектов управления.

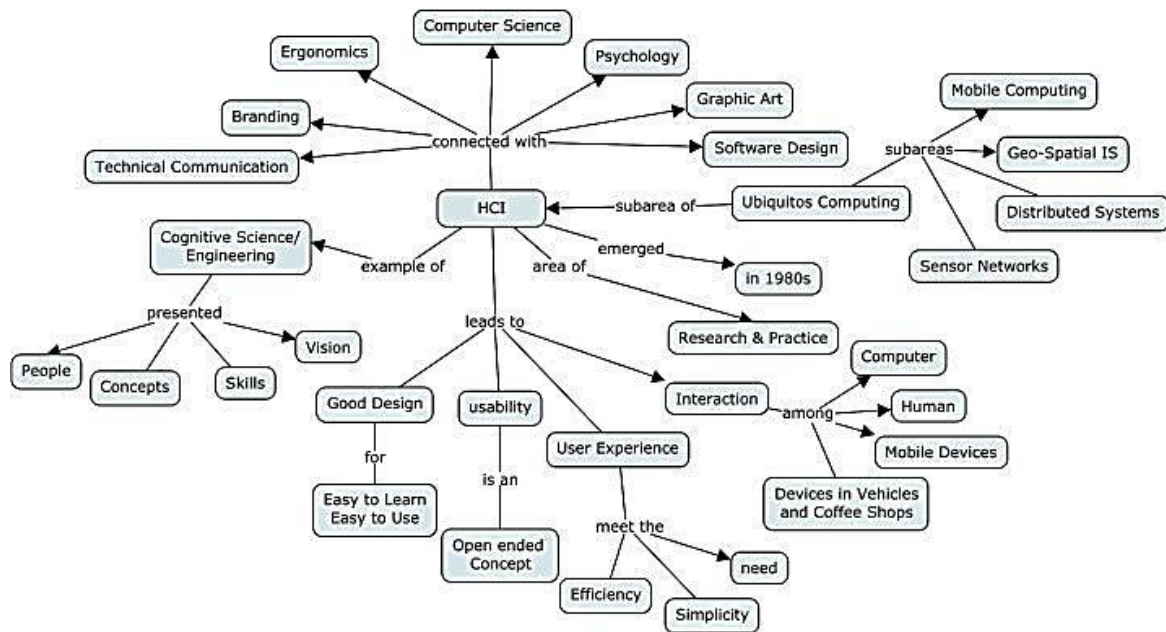


Рис. 2. Карта человеко-машинного взаимодействия (HCI - Human-Computer Interaction)<sup>6</sup>

Автор [6] не остановился на этой схеме и продолжил анализировать взаимосвязи теорий познания 21 века в контексте социальных отношений, опираясь во многом на труды 80-х годов 20 века о теории распределенных когнитивных процессов (Эдвина Хатчинза и др. [5]). На рис. 3 представлена карта теорий человеко-машинного взаимодействия с определением места когнитивных систем.

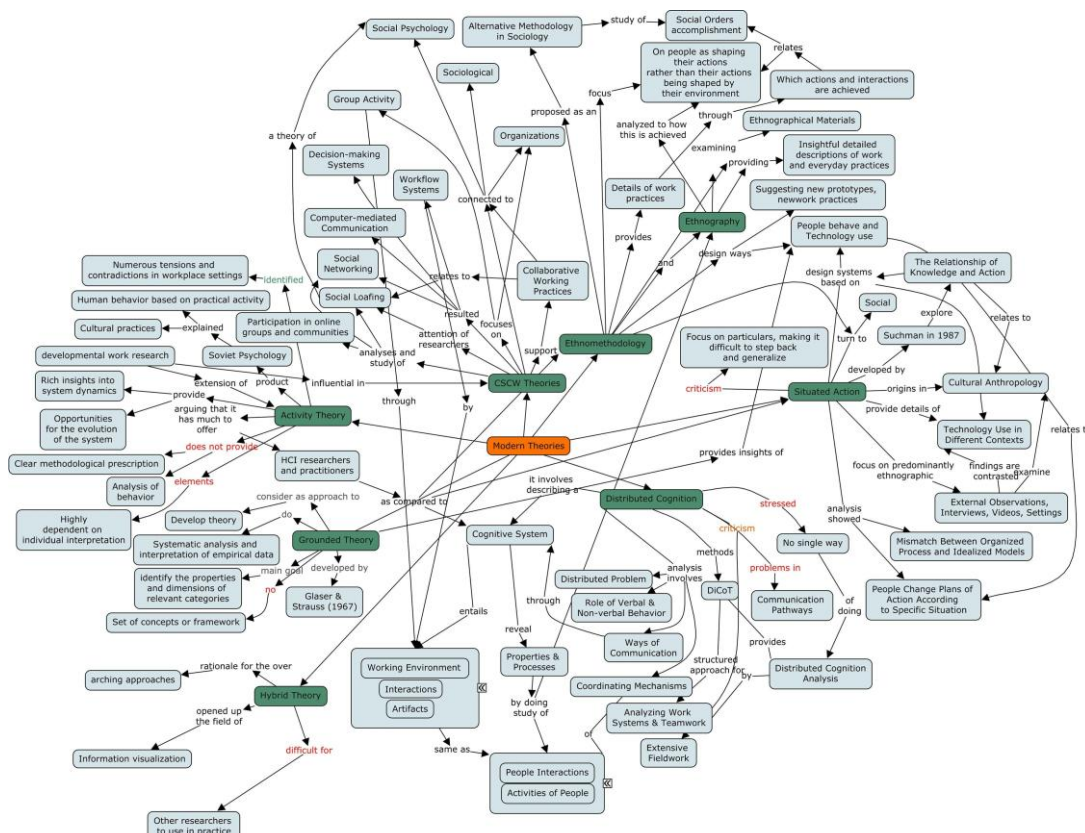


Рис. 3. Карта современных теорий человеко-машинного взаимодействия: красным цветом выделены проблемы и ограничения теорий и зеленым - основные теории/структуры<sup>7</sup>

<sup>6</sup> <https://mubashariqbahci.wordpress.com/2015/09/06/hci-concept-map/>

Можно по-разному относиться к таким иллюстрациям, поскольку они отражают субъективный взгляд на проблему распространения знаний в современных информационных сетях и в социальных сетях, в частности. Тем не менее, это один из примеров *когнитивной графики*, позволяющий оценить масштабы *проблемы достоверности* информации, с которой сталкиваются в системах управления. В основу улучшения восприятия информации (фактов, данных и т.д.) в цифровую эпоху неизбежно встраивается система *проверки достоверности* информации и контроль *усвоения достоверной информации*. Необходимо вспомнить, что *когнитивные технологии* - это технологии усвоения знаний, которые заимствованы из социальных (медицинских, психологических) наук и базируются на сочетании классических и современных (цифровых) методах представления знаний. Это часть информационных технологий, позволяющая учитывать влияние человеческих факторов во взаимодействии "brain-computer" и имеющая большое значение в моделировании чрезвычайных ситуаций. Уместно даже упомянуть различие и сходство целей в передаче информации (и распространении знаний) с переходом в цифровую эпоху, рис. 4. Начальные и конечные цели передачи информации не изменилась, это - коммуникация. Изменились проблемы, возникающие в этом процессе, если раньше нужно было донести и сохранить достоверную информацию, то теперь, в силу легкости самого процесса коммуникации, появилась задача защиты от недостоверной информации и ненадежных источников.



**Рис. 4.** Схема задач коммуникации

Чем меньше было средств коммуникации, тем, естественно, меньше возможностей исказить информацию, но и меньше возможностей в распространении знаний.

Вопросы когнитивного восприятия включают:

- языковые проблемы;
- проблемы образования;
- проблемы интерпретации предметной области познания;
- проблемы представления предметной области в цифровой среде.

Традиционные методы контроля восприятия информации и знаний используют:

- руководства и учебники;
- когнитивную графику и видео;
- ролевые игры и моделирование ситуации.

<sup>7</sup> <https://mubashariqbalhci.files.wordpress.com/2015/10/modern-theories-21.jpg>

Искусственный интеллект акцентирует внимание на создании интеллектуальных средств, которые работают и реагируют, как люди, в области распознавания речи, образов, обучения и планировании действий.

Цифровая эпоха позволяет дополнительно использовать:

- специализированные тезаурусы для описания предметной области (ситуации) и их отображение в предметные онтологии;
- методы виртуальной реальности для моделирования связей и взаимодействия объектов (когнитивных агентов);
- числовое моделирование и прогнозирование;
- удаленные коммуникации с помощью средств интернета.

Анализ данных и предварительная обработка информации составляют значимую часть в цифровом представлении данных (знаний). Целью такой предварительной обработки является использование когнитивных технологий для максимального удовлетворения информационных потребностей пользователя в процессе различного вида коммуникаций и управления. Управление, таким образом, "опирается" на модель ситуации (знания о предметной области), которая задается с помощью онтологии предметной области (онтологии смежных предметных областей). Для создания этих онтологий необходимо выявить основные объекты и их связи, что на стадии обработки данных задается при формировании тезауруса предметной области. Этот процесс схематично отражен на Рис. 5.

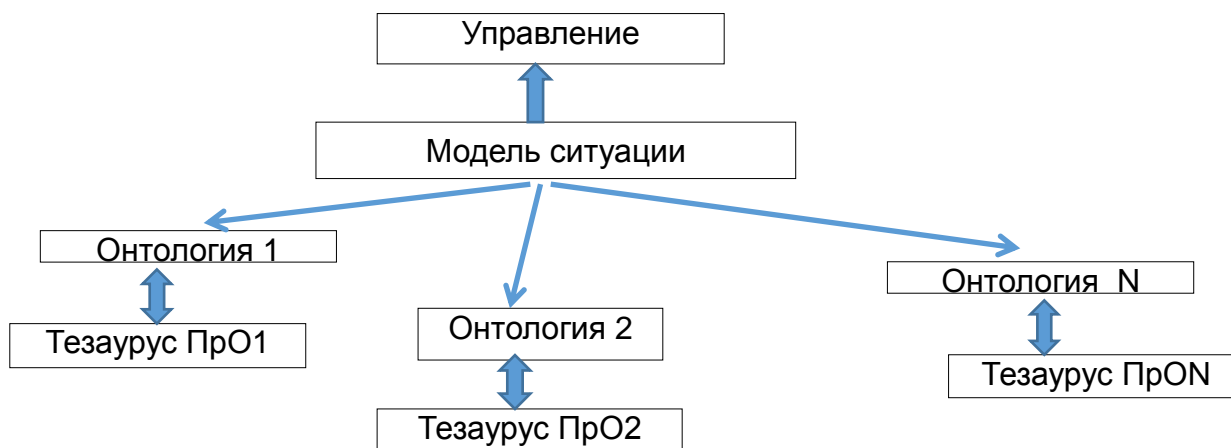


Рис. 5. Схема управления на основе описания предметных областей ситуации (знаний)

**Роль тезаурусов в определении достоверности информации.** Представление данных, информации, знаний, ситуации в сочетании с современными средствами коммуникации позволяют получить:

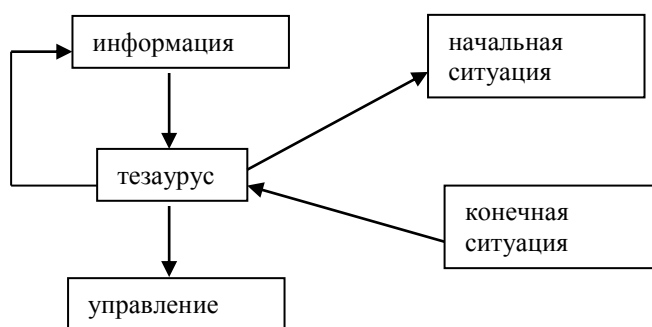
- сообщение о сути конкретного события (ситуации, происшествия);
- корректировать информацию, используя связи, задаваемые отношениями тезауруса;
- получить оценку достоверности информации (ситуации);
- сформировать список возможных действий и последствий.

Перечисленные возможности реализуются средствами информационных систем и создают информационную поддержку адекватного восприятия передаваемых (получаемых) знаний, управления потоками данных и когнитивными агентами.

Для управления коммуникациями с коррекцией данных применяются:

- описание ситуации с использованием словаря, с контролируемой лексикой и графическим сопровождением (иллюстрациями в виде когнитивной графики);
- варианты альтернативных и похожих ситуаций (задач, примеров и т.д.);
- варианты развития возможных (переходных) ситуаций;
- варианты решений (переходов в конечную ситуацию);
- оценка вероятности вариантов развития и перехода в конечную ситуацию;
- сравнение конечной, наиболее вероятной ситуации, с описанием в тезаурусе.

Если наиболее вероятная конечная ситуация есть в описании ситуаций - можно считать исходную информацию достоверной, иначе требуется проверка в виде запроса дополнительных данных, информации и т.д. В упрощенном виде схема проверки достоверности (верификации) информации с использованием предварительных описаний, заданных в тезаурусе предметной области (знаний, ситуаций), представлена на рис. 6.



**Рис. 6.** Схема верификации информации с использованием контролируемой лексики

Эту же схему считать реализацией взаимно-однозначного соответствия:

**онтология <-> ситуация**

Если соотношение при поступлении информации выполняется, то можно считать, что информация достоверная, иначе - нет. Имеется ввиду, что в информационной системе есть описание ситуации в виде онтологии, сформированной на основе связей в тезаурусе, то есть, задача сводится к наличию или отсутствию однозначных описаний и средств их представления в форме, доступной для восприятия в моменты управления.

Метод предварительной обработки информации может просто соответствовать стандартам описания тезаурусов [3, 7], например, статья тезауруса ситуации:

**descriptor : CS 1**

**BT: previous CS**

**NT: post CS**

**RT: related factors Cs(i), Cs(i+1)...Cs(n), HF, TF**

**KW: kw1, kw2, ... , kwK**

Здесь **CS** - сокращение от "critical situation", термин-дескриптор; **BT** - термин "выше", более широкое понятие, здесь означает предыдущую ситуацию, соответственно **NT** - термин "ниже", дочерний термин, здесь означает последующую ситуацию; **RT** - ассоциативный термин, т.е. похожее описание, аналогичная ситуация, термины, описания свойств (например, перечисление "технических" (technical factors, **TF**) и "человеческих" факторов (human factors, **HF**)); **KW** - список ключевых слов. Результат описания ситуации должен



выражаться в формуле  $CS = F(TF, HF)$ , где описание ситуации сводится к функции зависимости от технических и человеческих факторов. Идеальное управление в таком описании заключается в оценке вероятности воздействия негативных факторов  $P(\min F(TF, HF)=0)$ . Такие зависимости необходимо вычислить для всех ситуаций из тезауруса ситуаций (микротезауруса предметной области или ситуации).

Сопровождение графикой, с использованием связей, задаваемых в описании ситуации, позволит построить соответствующие *когнитивные модели* [8] событий в виде когнитивных карт, событийных графов и схем.

Если, в соответствии с описанием, задаваемым в статье **CS**, при поступлении информации в систему происходит переход от **BT** к **NT**, то "система знает", что произошло, иначе требуется уточнение через **RT**. Если никакого соответствия через ассоциативные связи также нет, то значит, что или информация неверна, или это новая ситуация, которая требует нового управления.

Описание ситуации, отраженное в онтологии, в соответствии со стандартами языков онтологий, обретает объекты, их свойства и отношения, аналогичные статьям тезауруса.

При корректной информации управление передается когнитивным агентам. При некорректной ситуации (с точки зрения имеющих описаний) необходимо анализировать свойства объектов управления для выделения групп воздействующих факторов, например, из групп ассоциативных связей и факторов воздействия (TF, HF).

**Заключение.** Предложен вариант использования технологии описания данных с помощью контролируемой лексики, дескрипторов и связей тезауруса применительно к проблеме управления ситуацией. Акцент делается на проблеме представления информации с целью наилучшего восприятия пользователем в процессе взаимодействия с устройствами. Таким средством могут служить как онтологии, так и когнитивные описания и карты на основе тезаурусов. Приведены примеры средств коммуникации в историческом развитии. Распространение культуры, письменности и появление цифровых средств представления и передачи информации послужило средством передачи знаний. "Культурная практика является ключевым компонентом человеческого познания", Эдвин Хатчинз (Edwin Hutchins [4]). В продолжение этих слов можно добавить, что необходимо аккумулировать знания, чтобы управлять ситуациями в мире цифровых технологий. Экономика знаний, где интеллект представляет основной ресурс, дает преимущества экономике развитых стран. Современные информационные технологии, включая когнитивные технологии, основанные на реальных знаниях человечества, составляют реальный капитал в виде приложений во всех сферах человеческой деятельности.

Работа выполняется при частичной поддержке грантов РФФИ 17-07-00217а, 18-00-00297комфи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муромский А.А., Тучкова Н.П. Об онтологии адресата в математической предметной области // Электронные библиотеки, 2018. Т. 21. № 6. С. 506-533.
2. Gerald E. Flueckiger Control, Information, and Technological Change 1995 Springer Netherlands 155 p. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-0377-0> (доступно 09.04.2019)

3. Glossary of terms relating to thesauri and other forms of structured vocabulary for information retrieval. Режим доступа: <http://www.willpowerinfo.co.uk/glossary.htm> (доступно 09.04.2019)
  4. Hutchins E. Culture and inference: A Trobriand case study. Cambridge. MA: Harvard University Press. 1980.
  5. Hutchins E. The Distributed Cognition Perspective on Human Interaction. In Nicholas J. Enfield and Stephen C. Levinson (Eds.) Roots of Human Sociality: Culture, Cognition and Interaction. Berg Publishers: Oxford, UK. 2006. Pp. 375–398.
  6. Iqbal M. Inter-organisational knowledge transfer in social networks. 2016. Режим доступа: <https://mubashariqbalhci.wordpress.com/> (доступно 09.04.2019)
  7. ISO 25964 Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_25964](https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_25964) (доступно 09.04.2019)
  8. Milstead J.L. ASIS Thesaurus of Information Science and Librarianship. Second Edition. 1998. 169 p.
  9. Mooers C. Information retrieval viewed as temporal signaling // Proceedings of the International Congress of Mathematicians. 1950. Vol. 1. Pp. 572–573.
  10. Muromskiy A.A., Tuchkova N.P. Application of thesaurus of symbolic information for the identification of the specific situations // Proceedings of the V-th International workshop "Critical infrastructures: Contingency management, Intelligent, Agent-based, Cloud computing and Cyber security" (IWCI 2018) Advances in Intelligent Systems Research. 2018. Т. 158. Pp. 183–188. Режим доступа: <https://doi.org/10.2991/iwci-18.2018.32> (доступно 09.04.2019)
  11. Orrantia, J., Muñoz, D., Matilla, L., Sanchez, R., San Romualdo, S. and Verschaffel, L. Disentangling the Mechanisms of Symbolic Number Processing in Adults' Mathematics and Arithmetic Achievement // Cognitive Science. 2019 Jan. 43(1). doi:[10.1111/cogs.12711](https://doi.org/10.1111/cogs.12711)
  12. Shiri, A. and Revie, C. Query expansion behaviour with a thesaurus-enhanced search environment: a user-centered evaluation // JASIS. 2006. Vol. 57. № 4. Pp. 462–478.
- 

**UDK 004.8**

**THE ROLE AND CAPACITY OF SPECIALIZED THESAURUSES  
IN COGNITIVE TECHNOLOGIES**

**Natalia P. Tuchkova**

PhD., senior researcher, Institution of Russian Academy of Sciences  
Dorodnicyn Computing Centre of RAS, Vavilov st. 40, 119333 Moscow, Russia  
e-mail: [tuchkova@ccas.ru](mailto:tuchkova@ccas.ru)

**Abstract.** Problems of perception of information in training, science, critical situations in the context of cognitive technologies are considered. To consider semantics of subject domains when using cognitive technologies - one of problems of the digital environment. This problem is offered to be solved by attraction of specialized subject thesauruses. It is noted that during a digital era the role of specialized thesauruses as bases for ontology data presentation increases in information systems. On the basis of

thesauruses it is easy to create ontology of a situation and to use it as model of data for cognitive agents.

**Keywords:** thesauruses, cognitive technologies, ontology, cognitive agents.

### References

1. Muromskiy A.A., Tuchkova N.P. Ob ontologii adresata v matematicheskoy predmetnoy oblasti [On the addressee's ontology in the mathematical domain] // *Elektronnyye biblioteki = Russian Digital Libraries Journal*. 2018. T. 21. № 6. Pp. 506–533. (in Russian)
2. Gerald E. Flueckiger. *Control, Information, and Technological Change*. Springer Netherlands. 1995. 155 p. DOI 10.1007/978-94-011-0377-0
3. Glossary of terms relating to thesauri and other forms of structured vocabulary for information retrieval. Available at: <http://www.willpowerinfo.co.uk/glossary.htm> (accessed 09.04.2019)
4. Hutchins E. *Culture and inference: A Trobriand case study*. Cambridge. MA: Harvard University Press. 1980.
5. Hutchins E. The Distributed Cognition Perspective on Human Interaction. In Nicholas J. Enfield and Stephen C. Levinson (Eds.) *Roots of Human Sociality: Culture, Cognition and Interaction*. Berg Publishers: Oxford, UK. 2006. Pp. 375–398.
6. Iqbal M. Inter-organisational knowledge transfer in social networks. 2016. Available at: <https://mubashariqbalhci.wordpress.com/> (accessed 09.04.2019)
7. ISO 25964 Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_25964](https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_25964) (accessed 09.04.2019)
8. Milstead J.L. *ASIS Thesaurus of Information Science and Librarianship*. Second Edition. 1998. 169 p.
9. Mooers C. Information retrieval viewed as temporal signaling // *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*. 1950. Vol. 1. Pp. 572–573.
10. Muromskiy A.A., Tuchkova N.P. Application of thesaurus of symbolic information for the identification of the specific situations // *Proceedings of the V-th International workshop "Critical infrastructures: Contingency management, Intelligent, Agent-based, Cloud computing and Cyber security" (IWCI 2018) Advances in Intelligent Systems Research*. 2018. T. 158. Pp. 183–188. Available at: <https://doi.org/10.2991/iwci-18.2018.32> (accessed 09.04.2019)
11. Orrantia, J., Muñoz, D., Matilla, L., Sanchez, R., San Romualdo, S. and Verschaffel, L. Disentangling the Mechanisms of Symbolic Number Processing in Adults' Mathematics and Arithmetic Achievement // *Cognitive Science*. 2019 Jan. 43(1). doi:10.1111/cogs.12711
12. Shiri, A. and Revie, C. Query expansion behaviour with a thesaurus-enhanced search environment: a user-centered evaluation // *JASIS*. 2006. Vol. 57. № 4. Pp. 462–478.