

## Формирование единого когнитивного пространства с использованием визуальных моделей представления знаний

### Введение

Визуализация всегда считалась мощным инструментом познания (mindtool), т.е. средством, предназначенным для организации и облегчения процесса познания. Любые модели (от карты местности до схемы бизнес-процесса) являются инструментами познания, если они помогают нам сформулировать и объяснить природу и структуру явлений. Визуальные модели, например графы, обладают особенной когнитивной силой, существенно проясняя суть явлений (например, средства когнитивной графики [1]) через дополнительное наглядное структурирование информации. Поэтому все программные графические пакеты от SmartDraw до ARISA можно использовать как инструмент познания [2].

В широком смысле под визуализацией информации понимается использование графических представлений абстрактных данных и знаний для расширения познания [3,4].

Появляются новые технологии в области обучения, связанные с визуализацией (инфографика, когнитивная графика, виртуальная реальность и т.д.) [5]. Основная задача этих образных представлений - сделать громоздкие и трудно понимаемые концепции и процессы более понятными для восприятия и обучения, фактически используя компрессию (сжатие информации). Так, инфографика, например, показывает взаимосвязь между единицей информации, количественным значением и общим положением данной информации в системе. Фактически это графическая интерпретация информации, данных и знаний, позволяющая «сжимать» информацию, освобождая ее от словесного «балласта», и взаимосвязывать различные типы информации, выявляя закономерности [4].

При визуализации важны принципы структурирования информации. Так, ошибки в выделении набора атрибутов-признаков основных объектов предметной области могут свести на нет все преимущества самой информации. Имеет значение как форма описания, так и выделение метапонятий, категоризация и порядок элементов.

Наиболее частое деление методов структурирования подразумевает существование двух условных категорий: визуальных и символьных (рис. 1). Символьные методы опираются на математическое либо текстовое, либо табличное описание и чаще применяются в хорошо структурированных предметных областях (ПО). Хуже обстоит дело со слабо структурированными областями, где имеется вариация методов, обусловленная спецификой каждой из областей, оттого предлагающей свои методы и подходы. Сле-

дует отметить, что таких областей становится все больше. Поэтому чаще при этом используются графические или визуальные подходы как менее формальные, наглядные и простые [2].

Среди вышеупомянутых трудно формализуемых областей можно назвать социологию, филологию, разделы языкознания и др. Проблемы, которые они изучают доступными сегодня методами, в том числе заимствованными из других дисциплин, зачастую даже сложно сформулировать. Когда же проблема принимает кросс-дисциплинарный характер, т.е. фактически рождается на стыке различных предметных областей, задача существенно усложняется.

В таком случае речь идет уже не только и не столько о представлении знаний отдельно взятой дисциплины с целью фиксации ее основных понятий и их связей для их последующего моделирования и исследования проблематики специалистами в этой области. Речь идет о взаимодействии экспертов из разных предметных областей, часто настолько разных, что их картины мира и основные понятия попросту не пересекаются. Можно привести примеры новых кросс-дисциплинарных областей, образовавшихся относительно недавно:

- **область информационного мониторинга научной деятельности**, образованная из эмпирической дисциплины мониторинга и анализа деятельности, теории принятия решений, области информационных технологий, методов оценивания научных результатов, лингвистики формальных текстов и т.д.;
- **геоинформатика**, объединившая в себе знания из информатики, географии, геологии, теории распознавания образов, компьютерной лингвистики и т.п.;

**ГАВРИЛОВА Татьяна Альбертовна** -  
доктор технических наук, профессор,  
зав. кафедрой информационных технологий  
в менеджменте Высшей школы менеджмента

Санкт-Петербургского  
государственного университета.

Адрес: 199004, г. Санкт-Петербург,

Волховский переулок, 1-3

e-mail: gavrilova@gsom.spb.ru

**КОЖУНОВА Ольга Сергеевна** -

кандидат технических наук, зав. сектором

«Лингвистические основы информатики»

отдела информационных технологий

структуризации и поиска данных

Института проблем информатики РАН.

Адрес: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, 44, кор. 2

e-mail: okozhunova@ipiran.ru

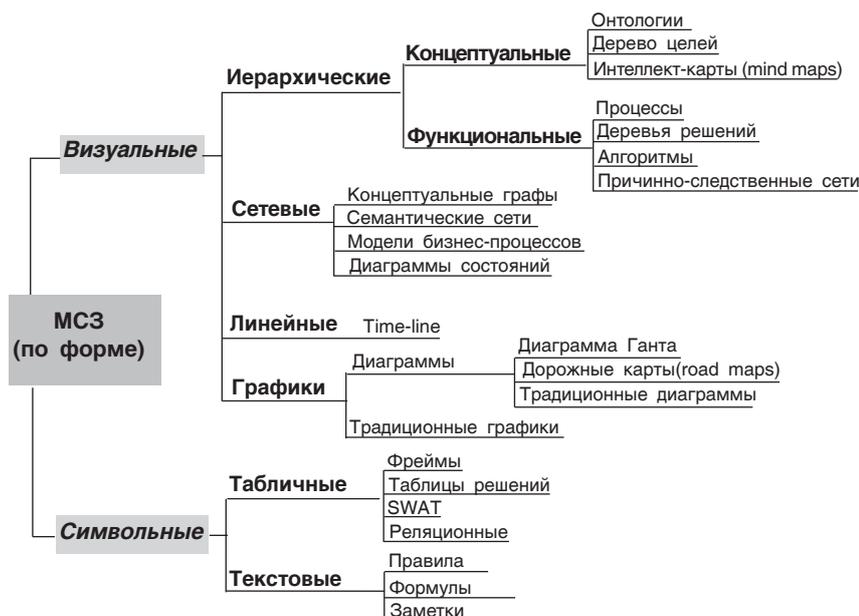


Рис. 1. Классификация методов структурирования знаний

• **компьютерная лингвистика**, рожденная из нескольких областей искусственного интеллекта, сравнительного языкознания, прикладной лингвистики, теории системного анализа, математической логики и т.д., и т.п.

Но при этом решаемая экспертами разного профиля проблема подразумевает возможность диалога между ними и формирование единого когнитивного пространства. Именно поэтому критичными становятся способы представления их знаний, что позволяет им оперативно и обоснованно принимать общие решения [6, 7, 8, 9, 10].

Еще раз подчеркнем, что в статье особое внимание уделяется именно визуальным методам и моделям представления знаний в силу их простоты и наглядности, а также возможности применения в слабо формализуемых или новых предметных областях и в задачах на стыке разных дисциплин.

**Визуальные модели представления знаний**

На практике используются более сотни методов визуального структурирования - от традиционных диаграмм, «и-или» графов, сетей Петри, диаграмм бизнес-процессов до модных «стратегических» карт (road maps), лучевых схем-пауков (spiders) и каузальных цепей. Такое многообразие обусловлено существенными различиями в природе, особенностями и свойствами знаний различных предметных областей. Сегодня любая попытка перечисления методов визуализации информации с целью структурирования практически обречена на провал. Всегда можно найти новый метод, не вошедший в список. Кратко опишем несколько достаточно новых, но уже популярных методов [2].

Идея **интеллект-карт** (mind maps) заключается в использовании и совмещении логического и образ-

ного мышления для достижения целостного и наглядного представления идеи. Фактически это переход от последовательного (текстового) изложения к сетевому (образному). И-карты имеют 4 отличительные черты [11]:

- объект внимания/изучения кристаллизован в центральном образе;
- основные темы, связанные с объектом изучения, расходятся от центрального образа в виде ветвей, которые поясняются ключевыми словами или образами;
- активно используется цвет;
- визуальные образы оживляют представление [2].

Если и-карты показывают связи и древовидную структуру произвольных фрагментов знаний, то **концептуальные карты** (concept maps) позволяют глубже рассмотреть предметную область и включают отношения между понятиями или концептами. Такие концептуальные графы (к-карты) состоят из узлов и направленных поименованных отношений или связей, соединяющих эти узлы. Связи могут быть различного типа, например, «является», «имеет свойство» и т.п. Поэтому любая разработка к-графа подразумевает анализ структурных взаимодействий между отдельными понятиями предметной области. Идея к-карты легко поддается формализации в базах знаний интеллектуальных систем в виде семантических сетей [12].

**Карты знаний** (з-карты) используются в системах управления знаниями предприятий для визуального отображения местоположения источника знания, «владельца» и типа знания. За рамки данной статьи выходит рассмотрение моделей бизнес-процессов [13], онтологий [14] и других методологий структурирования [2].

Хороший аналитик владеет широкой палитрой методов, всякий раз подбирая наиболее адекватный рассматриваемой предметной области. Естественным желанием является стремление разработать хотя бы простейшую классификацию и навести порядок в этом изобилии методов [2].

Можно предложить и другие признаки для классификации, например, по типу знания согласно методологии **ОСА объектно-структурного анализа** [18]. Как правило, ОСА подразумевает разбиение ПО на восемь слоев или страт (от лат. stratum - уровень). Таким образом, сначала знания стратифицируются (см. таблицу 1), а затем выбирается

Таблица 1

Стратификация знаний предметной области

Номер страты	Тип знания	Характер анализируемой информации
s_1	ЗАЧЕМ-знания	стратегический анализ: назначение и функции системы
s_2	КТО-знания	организационный анализ: коллектив разработчиков системы
s_3	ЧТО-знания	концептуальный анализ: основные концепты, понятийная структура
s_4	КАК-знания	функциональный анализ: гипотезы и модели принятия решения
s_5	ГДЕ-знания	пространственный анализ: окружение, оборудование, коммуникации
s_6	КОГДА-знания	временной анализ: временные параметры и ограничения
s_7	ПОЧЕМУ-знания	каузальный или причинно-следственный анализ: формирование подсистемы объяснений
s_8	СКОЛЬКО-знания	экономический анализ: ресурсы, затраты, прибыль, окупаемость

модель, наиболее подходящая к соответствующему типу знаний (рис. 2).

Однако все большее значение в настоящее время приобретает программный инструмент визуализации, ведь от его выбора часто зависит наглядность и адекватность структуры предметной области.

**Когнитивная интероперабельность межэкспертного взаимодействия как объект визуального моделирования**

Все чаще возникают задачи на стыке предметных областей, примеры которых были приведены во вве-

дении. Такая кросс-дисциплинарность, с одной стороны, обогащает знания отдельных предметных областей, создает новые ракурсы и предлагает неожиданные методы и решения. Но, с другой стороны, порождает серьезные проблемы, когда речь заходит о решении общих задач экспертами из разных, зачастую совершенно не связанных друг с другом областей.

Одним из ярких примеров, демонстрирующих потребность в разработке дополнительных методов и средств обеспечения экспертного взаимодействия, является область информационного мониторинга научной деятельности.

Интересно, что в разработке наборов индикаторов мониторинга и оценки, используемых в процессе распределения бюджетных средств, принимают участие несколько категорий пользователей систем мониторинга:

- лица, принимающие решения;
- организационные и программные менеджеры;
- эксперты по областям знаний;
- специалисты по мониторингу;
- лингвисты и IT-специалисты, участвующие в разработке систем мониторинга.

Однако при проведении анализа данных и экспертной оценки нередко возникают проблемы, связанные с различными подходами перечисленных категорий пользователей к построению систем индикаторов и использованию этих индикаторов. Эти различия нередко являются следствием неоднозначности понимания пользователями смысла индикатора.

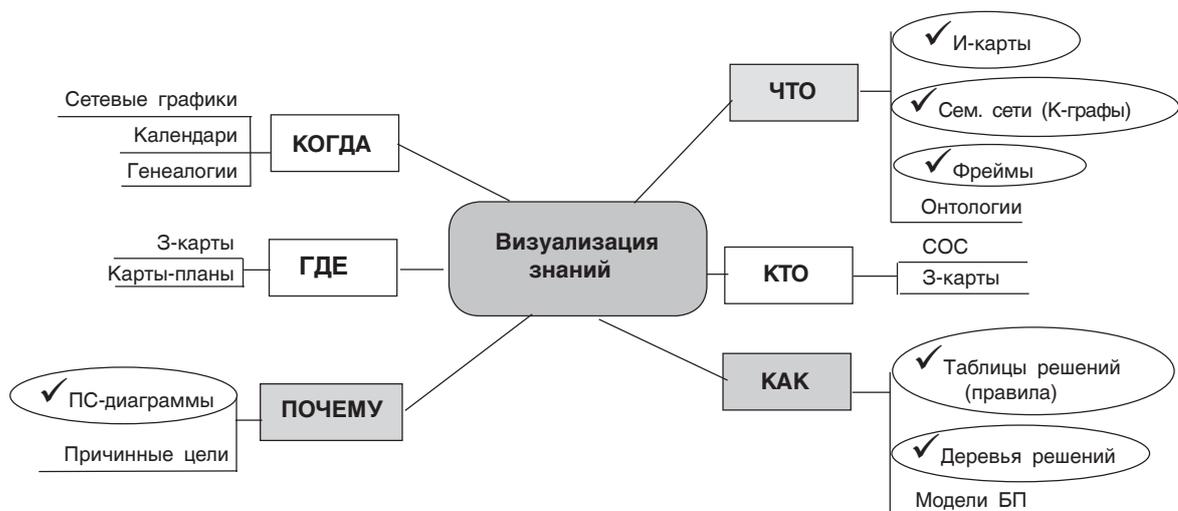


Рис. 2. Классификация МСЗ по типу знаний согласно ОСА



Рис. 3. Взаимодействие экспертов из разных предметных областей в ГИС

торов, определяемых с помощью системы мониторинга [6, 7, 8].

Не все названия индикаторов являются устоявшимися и общепринятыми терминами. Часто встречаются новизна и слабые ассоциативные связи имен индикаторов и обозначаемых ими понятий. То есть по аналогии с топонимами (географическими названиями), из названия которых далеко не всегда выводится географическое место нахождения, которое они обозначают. Смысл индикатора зачастую также трудно понять, зная только его название. Например, иногда пользователи систем информационного мониторинга считают тождественными «индикатор результативности» и «индикатор эффективности». Чтобы понять их смысл при работе с системой, необходимо ознакомиться с методами их вычисления именно в этой системе мониторинга [6, 7, 9].

Поэтому участники процедур мониторинга и анализа нередко расходятся в понимании смысла индикаторов и по-разному формулируют дефиниции, что

<sup>1</sup>Интероперабельность (англ. interoperability) - способность к взаимодействию. Когнитивная интероперабельность связана с ситуационным реагированием. Информационные системы интероперабельны в этом смысле, если лица, принимающие решения, в двух различных системах видят согласованные образы представляемой информации.

часто является серьезным препятствием в процессе получения согласованных экспертных оценок [6,7,8].

В качестве инструмента решения этой задачи было предложено использовать семантический словарь терминов системы информационного мониторинга (ИТСМ), технология разработки которого была создана автором работ [6,7].

Другим не менее ярким примером области, созданной на стыке дисциплин, и соответствующих кросс-дисциплинарных задач является геоинформатика. В решении ее задач также участвуют эксперты из разных областей, а именно: информатики, географии, геологии, теории распознавания образов, компьютерной лингвистики и т.д.

При формировании подхода к решению проблем этой области было активно задействовано понятие когнитивной интероперабельности<sup>1</sup>, введенное Buddenberg в 2006 году [19, 20]. Оно дополняет понятие когнитивного пространства аспектом ситуационного реагирования и акцентированием способности экспертов к поиску согласованных образов информации, которой они оперируют в ходе своей деятельности. Подход к обеспечению когнитивной интероперабельности экспертной деятельности подразумевает использование методов прикладной лингвистики, когнитивной психологии и искусственного интеллекта. Он был апробирован для координации экспертов-аналитиков, принимающих согласованные решения на основе анализа геоинформационных описаний (рис. 3) [10].

Существующие методы лингвистического анализа, применяемые к задачам формирования и сопровождения интеллектуальных геоинформационных систем (ГИС), потребовали вовлечения методов, которые позволили выделить необходимые единицы в соответствующих информационных структурах, фиксировать связи между ними, а также выявить и отобразить их семантику и ситуативный контекст [21]. Среди исследованных методов были выделены методы лексико-семантического моделирования когнитивных структур знаний, которые позволяют учесть осо-

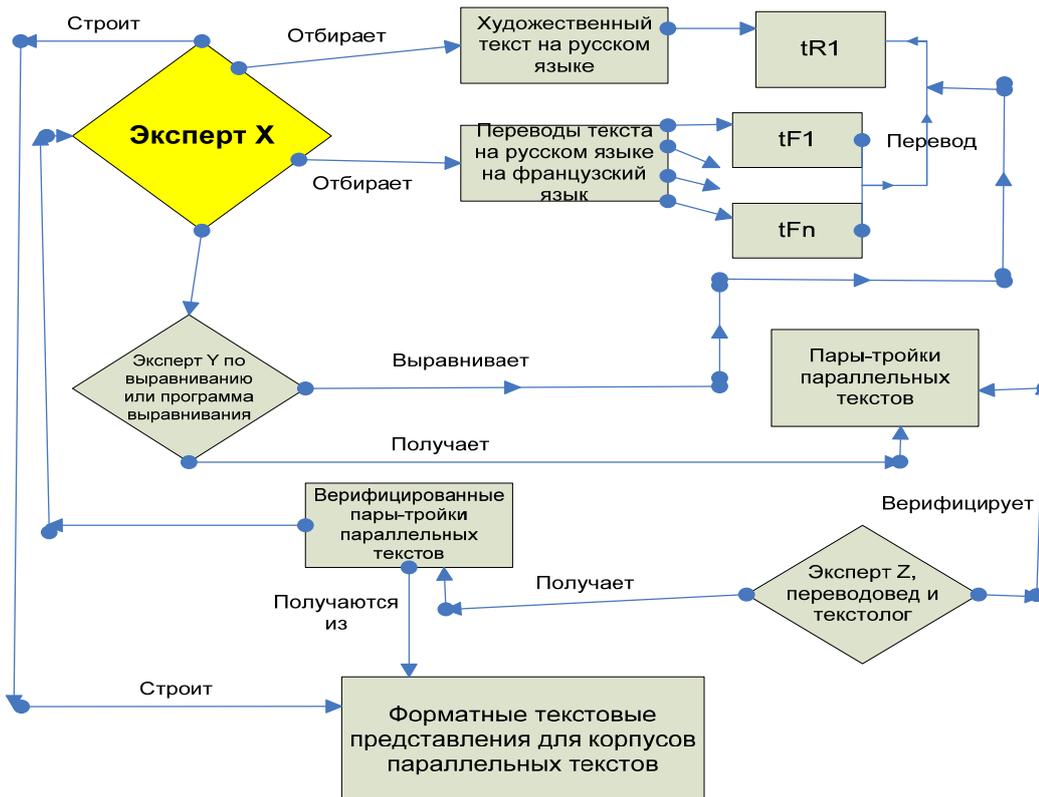


Рис. 4. К-карта эксперта по формированию параллельных корпусов

бенности геоинформационной среды. Предложенная структура интеллектуального анализа основана на гибридных формах представления знаний, а именно: иерархической классификации с возможностью установления и корректировки нескольких видов тезаурусно-семантических отношений (собственно семантические, отношения часть-целое, гипоним-гипероним и т.д.).

Таким образом, понятие когнитивной интероперабельности экспертной деятельности способствовало формулировке междисциплинарного подхода к решению сложных задач, полученных на стыке различных предметных областей. В связи с этим предлагается доработка предложенного подхода с учетом современных визуальных подходов к представлению знаний, поскольку их наглядность и простота позволит облегчить взаимодействие экспертов с разными картинами мира и привести их к формированию единого когнитивного пространства.

Именно в кросс-дисциплинарных задачах ключевым становится понятие когнитивного пространства, оно позволяет учесть многофакторность взаимодействия экспертов в условиях несогласованных систем терминов или в установлении новых связей между концептами.

Поэтому необходимо смоделировать общую платформу взаимодействия экспертов из разных областей, которая позволит визуализировать:

- модели представлений знаний отдельных экспертов с учетом их индивидуального восприятия

предметной области и картины мира в целом, т.е., по сути, **к-карты** представлений отдельных экспертов, связанные между собой по тематикам области, временным интервалам и другим интересующим нас признакам;

- модели кросс-дисциплинарных задач, сформулированных на стыке предметных областей, представленных в виде **и-карт**, которые сгруппированы вокруг ключевых понятий разной степени важности;
- модели взаимодействия между различными к-картами;
- модели перехода от одних и-карт к другим в случае комплексных кросс-дисциплинарных задач, подразумевающих подзадачи, которые уже были формализованы в нашей платформе.

Рассмотрим предлагаемую модель общей платформы межэкспертного взаимодействия на примере кросс-дисциплинарной задачи построения системы отображения и анализа трудностей перевода с русского языка на французский. Система предполагает наличие следующих модулей:

- корпус параллельных русско-французских текстов;
- базу данных трудностей перевода;
- тезаурус русско-французских терминов и оборотов [22, 23].

На рис. 4 приведена к-карта - фрагмент рассматриваемой платформы межэкспертного взаимодействия. Из к-карты видно, что невозможно построить

функциональную схему деятельности одного эксперта, вовлеченного в общую задачу, даже без частичного упоминания других экспертов, с которыми он будет сотрудничать. Поэтому для любой междисциплинарной задачи необходимо строить несколько к-карт, исходя из функций различных экспертов и парадигм их взаимодействия. В противном случае увидеть все аспекты сотрудничества и создать сбалансированное когнитивное пространство, в котором специалисты говорят на понятных языках и используют «прозрачные» понятия и связи, просто невозможно.

Тем не менее визуальное моделирование экспертной деятельности - это лишь половина задачи формализации междисциплинарной проблемы и межэкспертного взаимодействия. Необходима также наглядная и доступная специалистам разного профиля и уровня квалификации модель предметной области/областей и ее связь с решаемой кросс-дисциплинарной задачей. Для этих целей мы предлагаем использовать интеллект-карты (и-карты). На рис. 5 приведен фрагмент и-карты, построенной для задачи формирования параллельных корпусов.

Предполагается, что таких и-карт может существовать несколько для одной кросс-дисциплинарной задачи, поскольку сегодня новые задачи на стыке дисциплин, как правило, формулируются с учетом имеющегося опыта в различных предметных областях. На рис. 5 сама задача формирования параллельного корпуса текстов описана достаточно схематично и, по сути, должна быть формализована в виде нескольких и-карт, содержащих подзадачи для экспертов разного профиля: переводчиков, текстологов, прикладных лингвистов, специалистов в области искусственного интеллекта, программистов соответствующих программных инструментов, системных аналитиков, дизайнеров интерфейса и т.д.

**Заключение**

Наряду с кратким обзором и анализом визуальных методов и моделей представления знаний в статье предложен новый подход к когнитивной интероперабельности, предназначенный для координации работы экспертов различных предметных областей, в том числе в междисциплинарных задачах, в информационных системах; для междисциплинарных

научных исследований различных предметных областей с целью разработки проблемно-ориентированных программных приложений и установления взаимодействия экспертов различного профиля и уровня подготовки [10, 23, 24, 25].

Предложенный подход позволяет обеспечить межэкспертное взаимодействие в рамках кросс-дисциплинарных задач, способствуя формированию единого когнитивного пространства специалистов из разных предметных областей и их продуктивному сотрудничеству.

Подход когнитивной интероперабельности в отличие от аналогичных ему подходов, направленных на усиление психосоциальных аспектов взаимодействия экспертов, является междисциплинарным и предполагает построение модели общей платформы межэкспертного взаимодействия в рамках решаемой специалистами проблемы. Как было сказано выше, такая платформа должна включать в себя следующие компоненты: модель представлений знаний отдельных экспертов с учетом их индивидуального восприятия предметной области и картины мира в целом (к-карты представлений отдельных экспертов, связанные между собой по тематикам области, временным интервалам и другим признакам); модель кросс-дисциплинарных задач, сформулированных на стыке предметных областей и представленных в виде и-карт, которые сгруппированы вокруг ключевых понятий разной степени важности; модель взаимодействия между различными к-картами; модель перехода от одних и-карт к другим в случае комплексных кросс-дисциплинарных задач.

Предложенный подход был успешно апробирован для координации работы группы экспертов-аналитиков, принимающих согласованные решения на основе анализа геоинформационных описаний [10]. Также предлагается его применение в задачах области информационного мониторинга научной деятельности и компьютерной лингвистики, в частности, для задачи построения системы отображения и анализа трудностей перевода с русского языка на французский [23].



Рис. 5. Фрагмент и-карты для задачи формирования параллельных корпусов

**Литература:**

1. Зенкин А.Н. Когнитивная компьютерная графика. - М.: Наука, 1991.
2. Гаврилова Т., Гулякина Н. Визуальные методы работы со знаниями: попытка обзора // Искусственный интеллект и принятие решений. - 2008. - № 1. - С. 15-22.
3. Card S., MacKinlay J., Shneiderman, B. *Readings in Information Visualization: Using Vision to Think*. MorganKaufmannPubl., SanFrancisco, CA. - 1999.
4. Гаврилова Т.А., Лецева И.А., Страхович Э.В. Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 8. Менеджмент. - 2011. - Вып. 4. - С. 124-150.
5. Рапуто А.Г. Дескриптивное моделирование образного мышления при репрезентации дидактических объектов / Институт информатизации образования. Сборник «Ученые записки», М.: ИИО РАО. - 2011. - Выпуск 34. - С. 114-116.
6. Dulina N., Kozhunova O. Information monitoring system: a problem of linguistic resources consistency and verification // PCI'2010 The third international conference «problems of cybernetics and informatics». - Баку, 2010. - С. 56-58.
7. Kozhunova O. *Semantic Dictionary: heading toward ontology of the Information Monitoring System* // The 2010 World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing, США, Лас-Вегас, 13-16 июля 2010 г. (Труды конференции). - 2010.
8. Кожунова О.С. Подходы к лексико-семантическому моделированию и лингвистические ресурсы информационных систем // Системы и средства информатики. - М.: ИПИ РАН, 2011. - С. 139-161.
9. Kozhunova O. *Lexical and Semantic Methods in Design of the Problem-Oriented Linguistic Resources* // The 2011 World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing, США, Лас-Вегас, 18-21 июля 2011 г.
10. Дулин С.К., Дулина Н.Г., Кожунова О.С. Когнитивная интероперабельность экспертной деятельности и ее приложение в геоинформатике // Труды 13-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием (КИИ-2012), том 1, Россия, Белгород, 16-20 октября 2012 года. - Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. - С. 351-357.
11. Бьюзен Т. Суперпамять. - М.: Попурри, 2008.
12. Осипов Г.С. Приобретение знаний интеллектуальными системами. - М.: Наука, 1997.
13. Тельнов Ю.Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. - М.: Финансы и статистика, 2004.
14. Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы. - Казань: КГУ, 2006.
15. Lengler R., Eppler M. *Towards A Periodic Table of Visualization Methods for Management*. IASTED Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007), Clearwater, Florida, USA, 2007.
16. Atherton J. *Learning and Teaching: Convergent and Divergent Learning 2005* [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.learningandteaching.info/learning/converge.htm>.
17. Hudson L., *Contrary Imaginations; a psychological study of the English Schoolboy* Harmondsworth: Penguin, 1967.
18. Гаврилова Т.А. Объектно-структурная методология концептуального анализа знаний и технология автоматизированного проектирования баз знаний // Труды междунар. конф. «Знания-Диалог-Решение 95». - Ялта. - 1995. - т.1. - С. 1-9.
19. Buddenberg R. *Toward an interoperability reference model*, 2006 [Электронный ресурс]. - URL: [http://web1.nps.navy.mil/~budden/lecture.notes/interop\\_RM.html](http://web1.nps.navy.mil/~budden/lecture.notes/interop_RM.html).
20. Зацман И.М. Семантическая модель взаимосвязей концептов, информационных объектов и компьютерных кодов // Информатика и ее применение. - 2009. - Т. 3. Вып. 2. - С. 65-81.
21. Дулин С.К., Розенберг И.Н. О развитии методологических основ и концепций геоинформатики // Системы и средства информатики. Спец. выпуск «Научно-методологические проблемы информатики» - М.: ИПИ РАН, 2006. - С. 201-256.
22. Бунтман Н.В., Минель Ж.Л., ЛеПезан Д., Зацман И.М. Типология и компьютерное моделирование трудностей перевода // Информатика и ее применение. - 2010. - Т. 4. - № 3. - С. 77-83.
23. Кожунова О.С. Когнитивная интероперабельность экспертного взаимодействия в задаче обработки русско-французских параллельных текстов: лингвокогнитивные аспекты // Информатика и ее применение. - 2013. - Т. 7. Вып. 3. - М.: ТОРУС-ПРЕСС, 2013. - С. 82-94.
24. Kozhunova O. *Cross-disciplinary approach to expert activity cognitive interoperability support* // Proceedings of the Fifth International Conference on Cognitive Science, Kaliningrad, 2012. - С. 91-92.
25. Кожунова О.С. Когнитивная интероперабельность экспертной деятельности: междисциплинарный подход // Труды Третьей междунаучно-практической конф. «Когнитивные исследования на современном этапе» (КИСЭ-2012). - Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. - С. 101-104.