

УДК 330.1

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-456

*Горохов Владимир Леонидович*¹,
профессор, д-р техн. наук, профессор;
*Брусакова Ирина Александровна*²,
зав. кафедрой, д-р техн. наук, профессор;
*Широков Станислав Игоревич*³,
науч. сотрудник, канд. физ.-мат. наук;
*Шмыков Алексей Юрьевич*⁴,
зав. сектором, канд. техн. наук

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МЕТАФОР НА ОСНОВЕ
ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИХ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ КОГНИТИВНЫХ
ОБЪЯСНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЛЕКТА ХАИ**

^{1,2} Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), кафедра инновационного менеджмента;

³ Россия, Санкт-Петербург, Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Санкт-Петербургское отделение;

⁴ Россия, Санкт-Петербург, Институт аналитического приборостроения РАН, сектор методов и приборов иммунного и генетического анализа;

¹ vlgorohov@mail.ru

Аннотация. Предлагается формирование когнитивных метафор на основе феноменологических онтологий для методик работы с когнитивными компьютерными графическими системами. Соответствующие методики работы с когнитивными

картинами и образами не только делают очевидным и понятным смысл сложных научных концепций, но и способствуют – и не так уж редко – рождению нового знания. На основе концепции когнитивной графики и феноменологических аллюзий разработаны методики работы с SW-системами для визуализации и анализа BIG DATA. Это позволяет тренировать и усиливать интуицию исследователя, повышать его интерес и мотивацию к творческому, научному познанию, одновременно осуществляя процесс диалога лица, принимающего решение, с интеллектуальным интерфейсом.

Ключевые слова: когнитивная графика, Data Mining, инженерная метафора, бизнес-моделирование, интеллектуальные машинные интерфейсы, киберфизическая система.

Vladimir L. Gorokhov¹,

Professor, Doctor of Technical Sciences;

Irina A. Brusakova²,

Head of the Department, Doctor of Technical Sciences;

Stanislav I. Shirokov³,

Researcher, Candidate of Physical and Mathematical Sciences;

Aleksei Iu. Shmykov⁴,

Head of the Sector, Candidate of Technical Sciences

FORMATION OF COMPUTER METAPHORS BASED ON PHENOMENOLOGICAL ONTOLOGIES FOR COGNITIVE EXPLANATORY SYSTEMS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE XAI

^{1,2} Saint Petersburg Electrotechnical University, St. Petersburg, Russia;

³ Special Astrophysical Observatory of RAS, St. Petersburg Branch,
St. Petersburg, Russia;

⁴ Sector of Methods and Devices of Immune and Genetic Analysis,
Institute of Analytical Instrumentation of RAS, St. Petersburg, Russia;

¹ vlgorohov@mail.ru

Abstract. The formation of cognitive metaphors based on phenomenological ontologies for methods of working with cognitive computer graphics systems is proposed. Appropriate methods of working with cognitive pictures and images not only make the meaning of complex scientific concepts obvious and understandable, but also contribute – and not so rarely – to the birth of new knowledge. Based on the concept of cognitive graphics and phenomenological allusions, methods of working with SW systems for visualization and analysis of BIG DATA have been developed. This allows you to train and strengthen the researcher's intuition, increase his interest and motivation for creative, scientific knowledge, while simultaneously carrying out the process of dialogue of the decision-maker with an intelligent interface.

Keywords: cognitive graphics, Data Mining, engineering metaphor, business modeling, intelligent machine interfaces, cyberphysical system.

Введение

Киберфизические системы, цифровые экосистемы можно представить как взаимосвязанную совокупность технической и социально-

экономической подсистем. Управленческие решения в таких экосистемах принимаются на основе консолидации, синхронизации, интеграции информационных ресурсов различного происхождения. Так, математическое моделирование процессов в технической и социально-экономической подсистемах базируются на различных теоретических платформах. Для технических систем используются математические модели, рассматриваемые в теории автоматического управления, регулирования. В качестве процессов преобразования физических величин в электрические рассматриваются процессы преобразования первичной измерительной информации с использованием измерительных цепей. Для социально-экономических подсистем базовые принципы описания процессов неразрывно связаны с теорией менеджмента. Инструментами бизнес-моделирования выступают технологии нотационного описания бизнес-процессов.

Наличие так называемых SQL и NOSQL технологий описания наборов данных существенно расширяет возможности анализа данных с использованием BIG DATA технологий. В тех областях науки (например: экономика, астрономия, психология, социология и др.), где существуют серьезные проблемы с априорным детальным описанием объекта исследования (априорная неопределенность), традиционно используют метод научных наблюдений. Организация научных наблюдений позволяет в условиях априорной неопределенности использовать интуицию, эмпирический и эстетический опыт исследователя. В тех ситуациях, когда надо принимать конструктивное решение, влекущее за собой необратимые действия, идея использовать интеллектуальную и эстетическую интуицию лица принимающего решения кажется весьма актуальной. Именно здесь уже достаточно долго существующая технология Data Mining дает существенный эффект.

Разительными примерами такой сферы применения Data Mining является практическая медицина и менеджмент. Именно в этих сферах конфликт между глубокой априорной неопределенностью и необходимостью принять решение здесь и сейчас имеет наиболее острую форму. Для подобных ситуаций активное использование интеллекта и интуиции ЛПР в Data Mining привело к новым и достаточно неожиданным идеям и методам. Настоящий доклад преследует цель – обратить внимание широкой научной общественности на эти весьма перспективные идеи.

Еще одной областью активного использования Data Mining является наблюдательная астрономия. Здесь наработан огромный опыт использования интуиции ЛПР для организации и обработки данных наблюдений. Этот опыт уже начинает использоваться в перечисленных выше отраслях знаний. Поэтому в качестве образца для подражания выбраны именно астрономические примеры. Практика проведения современных наблюдений показала, что для эффективной работы с современными программными

системами обработки многомерных данных (таких как MAIDAS, ENVI, MATLAB, STATGRAPHICS и др.) нужно провести достаточно подробный диалог между системой обработки данных и пользователем. В этой ситуации под пользователем понимается ученый, который осуществляет постановку, проведение наблюдения, обработку экспериментальных данных, и он же осуществляет принятие научных решений, которые являются главным результатом наблюдения. С учетом традиций, принятых в компьютерных науках, пользователь, принимающий решение обозначается как лицо, принимающее решение, – ЛПР.

1. Постановка задачи

Проблемы эффективной организации наблюдений и мониторинга объектов как элементов киберфизических систем изучаются и решаются сегодня на международном, национальном и региональном уровнях в рамках онтологического подхода к управлению процессами цифровой трансформации наукоемкого предприятия, как киберфизической системы [1–12].

Информационное обеспечение мониторинга таких сложных систем требует развития нового поколения информационно-аналитических систем ИАС (интеллектуальные информационные системы ИИС) обеспечивающих интеллектуальную поддержку принимаемых решений по результатам мониторинга. Серьезная особенность объектов мониторинга как сложных систем состоит в глубокой априорной неопределенности характеристик состояния этих систем [2, 9–11].

В настоящее время отсутствуют информационные системы аналитического типа для интеллектуальной поддержки принятия решений по результатам мониторинга, работающие с учетом онтологических интенций лиц принимающих решений (ЛПР), в условиях значительной (глубокой) неопределенности состояния объектов в киберфизических системах.

Создание подобных программных продуктов требует практического освоения целого комплекса достижений в области математической статистики, когнитивной машинной графики, когнитивной психологии и, прежде всего теории познания (гносеологии).

В данной работе делается попытка изложения ряда идей и достижений в перечисленных областях с учетом инженерной специфики их возможного применения. Работа опирается на возможности использования этих достижений на уже действующих программных средствах интеллектуальной поддержки принимаемых решений в задачах управления сложными системами с глубокой априорной неопределенностью. Это, прежде всего системы, использующие когнитивную машинную графику (системы SWOT, PEST-анализа, системы динамической визуализации многомерных данных X-GOBI, SW, SCV и т. д.).

Внимание концентрируется на принципиальных идеях и понятиях, освоение которых позволит эффективно и рационально использовать все

возможности новых информационных технологий в практике управления процессами цифровых трансформаций наукоемких предприятий.

Разработанный в когнитивной машинной графике и теории познания набор понятий включающих понятия онтологии, семантики, ноэмы когнитивного образа данных (порожденных объектом мониторинга и отражающих его фундаментальные свойства) построен на глубоких аналогиях между задачами поддержки принятия решений в условиях глубокой априорной неопределенности и познавательными процессами, описываемыми в теории познания. Этот набор понятий дает возможность модернизировать интеллектуальные интерфейсы современных систем поддержки принятия решений и систем машинной графики. Появляется возможность формирования новых идей, методологий и основанных на них методик работы с интеллектуальными интерфейсами.

Использование данного подхода в сочетании с перспективным медиа оборудованием открывает принципиально новые возможности конструирования технических средств для стимуляции творческих возможностей человека – оператора (такие средства получили название техноностических систем).

Современные объекты мониторинга киберфизических систем представляют собой столь сложные и мало исследованные объекты, что неизбежно для их изучения требуется активизация не только конкретных теоретических парадигм информатики, но и подключение всего комплекса гносеологических концепций лица, принимающего решения, (ЛПР), его научной и эстетической интуиции, всего комплекса эмпирических знаний и навыков. Ярким примером подобных задач являются задачи менеджмента. Здесь ЛПР имеет дело с целым комплексом научных теорий и философских воззрений, которые необходимо учитывать при организации и проведении мониторинга. Весь комплекс воззрений ЛПР представляемых в данной предметной области в виде предметных установок на самом деле есть следствие философских воззрений (онтологий) ЛПР. Это могут быть достаточно традиционные философские воззрения в стиле Канта, Гегеля. Возможно ЛПР используют и более рафинированные феноменологические онтологии 21 века в стиле Э. Гуссерля, М. Хайдегера, Ж. П. Сартра. Их онтологии включают в себя широкий спектр и более традиционных философских воззрений – так что ЛПР имеет широкие возможности для классификации и выбора своих философских предпочтений.

При этом часто ЛПР не осознают то глубокое воздействие этих воззрений на формирование их установок в конкретной предметной области. Однако, эти установки в свою очередь формируют принципиально разные методы количественного описания объектов киберфизических систем и способы обработки данных мониторинга (BIG DATA). ЛПР как представители различных научных школ, часто формируют отличающиеся наборы

предметных установок, что является источником бесконечных дискуссий. Причина этих дискуссий часто заключается не в осознании сторонами природы этих установок, которая кроется в различных онтологиях спорящих. Парадокс заключается в том, что обе стороны часто в подтверждении своих установок ссылаются на одни и те же данные мониторинга! Необходимость разрешения подобных конфликтов в современных научных исследованиях фундаментального характера указывают и философы науки (например, К. Поппер, Л. Витгенштейн, Р. Карнап, Б. Рассел), так и сами представители предметных областей (в экономике это: Талеб, Канеман и др., в естествознании это: В. Гайзенберг, Р. Пенроуз, Ж. Пиаже, Г. Селье и др.)

В данной работе предлагается идея и технический инструмент отражения феноменологических онтологий ЛПП в когнитивные образы, образованные на основе многомерных данных мониторинга. Эти образы позволят объективировать онтологии ЛПП и представить их в виде конкретных программных инструментов анализа BIG DATA. Это могут быть инженерные онтологии, семантические сети и т. д. При этом здесь главное – это предложить метафорическую модель, связывающую объекты реального мира с теоретическими представлениями современной науки с одной стороны и онтологическими моделями гносеологии с другой стороны. Полезность компьютерных метафор как «моста» между научной интуицией и рациональным знанием отмечена в трудах С. С. Гусева.

2. Этапы отражения феноменологических онтологий в когнитивные образы

Очевидно, что естественнонаучная теория предполагает объекты, которые отражаются в теории как реально существующие. Совокупность (универсум) подобных объектов и образует онтологию этой теории. Обычно в этой связи говорят об онтологических допущениях языка теории. К сожалению, в стандартной семантике, по мнению многих исследователей, какой-либо определенный модус существования вообще не фиксируется. Традиционно считается, что семантика имеет дело с отношением наших утверждений к действительности, а онтология есть теория представления этой действительности. Поэтому, используя логическую семантику необходимо учитывать возможность строгой фиксации всего набора нюансов, связанных с возможными трактовками феномена сознания и интеллекта разными исследователями (пользователями систем интеллектуальной поддержки принимаемых решений).

Таким образом, развитие систем искусственного интеллекта поставило логическую семантику (особенно алгебраическую) в положение наиболее актуального и интенсивно развивающегося раздела логики. Использование средств логической семантики как инструмента для формулировки гносеологически более тонкой понятийной структуры для систем добывания (data mining) и хранения научных знаний позволяет

исследователю более детально формулировать его интуитивные, эмпирические и философские взгляды на объект исследования. Это позволит избежать конфликтов при принятии решений ЛПР и, следовательно, уменьшить вероятность катастрофических технологических событий.

Формулировки, выраженные в терминах логической семантики, обеспечивают возможность оригинальным и вполне рациональным образом повлиять на интерпретацию зрительных образов в системах когнитивной визуализации данных научных наблюдений (и мониторинга). Другими словами, это дает возможность изучения различных представлений и концепций предметной области, обогащение ее новыми видами объектов, в том числе и на основе когнитивных образов.

В качестве примера можно привести столь модные сейчас технологии визуализации BIG DATA. Например, идеи виртуальных наблюдательных систем. Так для современных компьютерных технологий (когнитивная машинная графика и системы виртуальной реальности) необыкновенно важной является предметная область, включающая в себя действительные, возможные и виртуальные объекты. «Возможный» здесь означает «возможный относительно некоторой априорной теории». «Виртуальный же можно понимать как идеальный (абстрактный, эйдетический) объект. Примеры таких объектов: бесконечность в обычной теории действительных чисел, бесконечно удаленная точка в проективной геометрии, виртуальные классы в теории множеств и т. п.

«Мыслимость» возможных объектов, в подобного рода семантике, может означать ситуацию их истолкования как объектов нашего внимания (интенциональных объектов), на которые направлено наше сознание. В этом случае, согласно теории познания по Гуссерлю, действительные объекты составляют подмножество интенциональных объектов.

Так в случае модальной логики, операторы возможности и необходимости представляют собой интенциональные операторы, а возможные миры, понимаемые как различные собрания объектов с дополнительной структурой или без нее, можно считать интенциональными состояниями. Такой подход может оказаться особенно плодотворным при постановке, например, космологических наблюдений, когда надо учитывать при планировании наблюдений весь «набор» теорий и философских установок в отношении крупномасштабной структуры вселенной. Аналогичные проблемы возникают и при решении крупных задач в экономике и менеджменте.

Для анализа и систематизации подобных «наборов» целесообразно использовать разработанную В. Л. Васюковым теорию предметной области – **формальную онтологию**, в которой исследуются формальные структуры объектов и возможные отношения между ними. Полезность таких теорий заключается в развитии новых систем онтологических

объектов с одной стороны и в возможности создания программных средств поддержки визуализации таких объектов (на основе экспериментальных данных) с другой стороны. По сути, речь идет о развитии идей байесовской логики и статистики за счет новых открытий в гносеологии (феноменология, когнитивность, формальная онтология, логическая семантика, логика имен Лесневского). С точки зрения практики речь идет о новых возможностях при создании технических средств предотвращения катастрофических последствий социальных и экономических решений.

Понятие интенциональности, так необходимое для выяснения различия между возможными и мыслимыми объектами, возникло в феноменологии. Как отмечает В. Л. Васюков обращение логиков (а за ним и специалистов по созданию систем интеллектуальной поддержки решений, включая системы объяснительного искусственного интеллекта – ХАИ) к феноменологии в этом контексте носит обоснованный характер, ибо принимаемый ими понятийный аппарат давно уже (и гораздо лучше) разработан в рамках феноменологии.

Согласно терминологии, предложенной В. Л. Васюковым, далее расширение парадигмы *формальной онтологии* обозначается термином *формальная феноменология*, ибо такое название с самого начала побуждает действовать с учетом вклада феноменологических идей в проводимые исследования.

Как отмечает Васюков, формальная феноменология не призвана подменить собой «традиционную» феноменологию. Ее цель – создание нового раздела логических и компьютерных исследований: построение новых компьютерных метафор, логических систем и основанных на них программных систем поддержки интеллектуальных решений, использующих идеи феноменологии. Здесь речь идет, прежде всего, о процессах отображения логической структуры феноменологических конструкций, порожденных когнитивной графикой в сознании ЛПР с помощью – языков неклассической логики.

Особенность такого отображения заключается в том, что фактически оно является переводом, который носит двухступенчатый характер: логическая структура (содержание) феноменологических концепций переводится вначале на неформальный язык содержательной семантики разрабатываемых исчислений.

Дальнейшая строгая синтаксическая передача этих концепций это уже некоторая «кодификация» связей данной структуры с помощью формального языка. На основе этого формального языка возможна разработка интеллектуальных программных интерфейсов для поддержки принятия решений в отношении сложных систем (например космологических моделей) в условиях глубокой априорной неопределенности их поведения.

Однако, прежде всего, требуется перевод феноменологических концепций на неформальный язык содержательных семантик.

Таким образом, можно сформулировать основной тезис новой идеологии формирования графических интерфейсов систем поддержки интеллектуальных решений в условиях априорной неопределенности объектов и условий наблюдения. *Проектирование и эксплуатация графических интерфейсов систем анализа экспериментальных данных и мониторинга сложных объектов должно начинаться с – построения феноменологически ориентированных процедур выявления логических структур в когнитивных образах многомерных данных эксперимента и в отображении этих логических структур феноменологических конструкций на неформальный язык содержательной семантики с учетом и при поддержке возможностей когнитивной визуализации этих конструкций.*

Подобный неформальный язык содержательной семантики, ориентированный на возможности визуализации когнитивных образов данных эксперимента, позволит учитывать и интерпретировать эти данные с учетом рациональных моментов философских учений, разработанных такими феноменологами, как Э. Гуссерль, А. Мейнонг, К. Твардовский, Р. Ингарден, Ж.-П. Сартр.

Принципиальные особенности этих философских учений, переведенных на язык содержательной семантики, позволят при создании программных интерфейсов систем поддержки принятия решений *отразить весьма важные философские установки* лиц, принимающих решения. Напомним, что естествоиспытатели при интерпретации данных эксперимента всегда используют определенные познавательные (философские) установки, которые неизбежно связаны с определенными философскими системами. Эта связь в любом случае установлена основоположниками той или иной естественнонаучной парадигмы. А последователи парадигмы используют эту связь (порой неосознанно) применяя научные методики конкретной парадигмы.

Эти философские установки, естественно, оказывали и оказывают во многом решающее значение на механизм принятия решений и при этом абсолютно никак не контролировались и часто не осознавались естествоиспытателями!¹

Теперь появилась возможность с помощью таких интеллектуальных интерфейсов объективировать раннее практически «неуловимые», но «могучие» стимулы (те самые познавательные установки), возникающие у лиц, принимающих решения. Еще раз подчеркнем, что сами ЛПР подчас не отдают себе отчета в той роли, которую оказывают на них эти философские установки в процессе принятия решений.

¹ См. работы Марио Бунге.

Между тем предлагаемая идеология работы с графическими интерфейсами заставляет пользователя обратить свое внимание на эти установки, ибо они определяют характер выделения и селекции структур на когнитивных образах и фиксируются программными средствами. Кроме того, эти философские установки могут служить и в качестве аргументов проясняющих мотивы принимаемых решений. Они смогут быть выстроены в стройную систему аргументации принимаемых решений в условиях глубокой априорной неопределенности.

Подчеркнем, что *отображения логической структуры феноменологических конструкций в интерфейсах первоначально будут носить когнитивный, графический характер.*

Дальнейшее развитие выдвинутых идей основывается на анализе философских аспектов данной предметной области, который позволяет формировать научные метафоры, приводящие к феноменологическим структурам и отождествлению этих структур средствами когнитивной машинной графики. Результатом когнитивного машинного анализа данных наблюдений будет являться система логических высказываний на языке логики имен Лесневского, которая будет иметь естественно-научную интерпретацию в данной предметной области. Для исследователей, имеющих разные гносеологические установки, разумеется, эти системы высказываний будут отличаться. Однако теперь эти отличия будут строго кодифицированы и декларированы, и возможная научная дискуссия будет конструктивно направлена на обсуждение гносеологических установок исследователей. Тем самым снимается целый ряд современных проблем интерпретации наблюдательных данных (например, в космологии и квантовой физики). Для выяснения взаимосвязей между различными построенными системами можно применять снова средства когнитивной машинной графики или современные средства логической семантики и формальной феноменологии.

Авторы выражают надежду, что эти исследования и разрабатываемые программные средства помогут ЛПП в строгой синтаксической «кодификации» связей логических структур наблюдательных данных с онтологическими схемами физических и экономических теорий на основе разнообразных методов современной неклассической логики. Возможно, в дальнейшем, появятся строгие математические модели не только для теоретических онтологических структур, но и для структур многомерных наблюдательных данных. Есть надежда, что такие математические модели структур многомерных данных наблюдений в условия глубокой априорной неопределенности (многообразия Грассмана) естественным образом послужат новым стимулом для развития математической теории эксперимента, которая сейчас успешно описывает контролируемые и управляемые научные эксперименты в рамках гауссовых моделей.

Далее в данной работе делается попытка впервые построить компьютерную метафору онтологических структур, для семантики которых характерны предметные области, в которых приходится иметь дело с принципиально разными теоретическими подходами и принципиально разными гносеологическими установками. Речь идет, прежде всего, о наблюдательной проверке космологических моделей. Это как раз тот случай, когда естествоиспытатель имеет дело с интенциональными объектами.

Здесь возможны два варианта.

1. Имеется многомерный массив уже проведенных наблюдений (глубокие обзоры) и требуется сопоставить эти многомерные данные с различными теоретическими схемами, на предмет выбора той теоретической схемы, которая дает наилучшие соответствия с наблюдательными данными. При этом нужно учесть и возможные различия в гносеологических установках ученых, проводящих сопоставление.

2. Планируется проведение наблюдений, выявляющих ту теоретическую схему, которая будет описывать многомерные наблюдательные данные и подтверждать (фиксировать) такой элемент логической структуры теории, который отсутствует в альтернативных проверяемых теоретических схемах (критический эксперимент). Имеются в виду критические тесты релятивистской космологии и тесты физики гравитационного взаимодействия. Очевидно, что здесь ситуация повторяется. Опять разные теоретические схемы (разные онтологии) и разные гносеологические установки, которые надо учитывать при постановке и планировании экспериментов (Пенроуз).

3. Проблемы формализации феноменологических конструкций онтологических систем.

Как отмечалось выше, современная наука и технологии втягивают в орбиту производственной и научной деятельности принципиально новые типы объектов, требующие развития новых стратегий обращения с ними [1–3, 6, 9–11].

Речь идет об объектах, представляющих собой саморазвивающиеся, сложные системы, характеризующиеся синергетическими эффектами, развитие которых всегда сопровождается особыми состояниями неустойчивости, и как следствие этого, априорной неопределенностью своих характеристик. Это и есть киберфизические системы. Современная практика мониторинга таких сложных систем уже давно показала, что наряду с методами робастного наблюдения целесообразно активно использовать интуицию и эвристический опыт лица, принимающего решение, которые дополняют робастные решения. Фрагменты таких сложных систем можно, безусловно, причислять к эрготехническим (человеко-машинным) системам. Хорошо известно, что саморазвивающиеся синергетические эрготехнические системы характеризуются принципиальной открытостью и необратимостью

процессов (В. Ф. Венда) [7]. Увы, для них (систем мониторинга) само человеческое действие не является чем-то внешним, а как бы включается в систему, видоизменяя каждый раз поле ее возможных состояний. В этом смысле человек не только представляет ее составную часть, но и изменяет ее с использованием фантастического потенциала человеческого сознания. И теперь появилась возможность объективно это учитывать.

Перед естествоиспытателем (лицом, принимающим решение, ЛПР), в процессе принятия интеллектуальных решений, возникает проблема выбора некоторой линии развития из множества возможных путей эволюции сложных систем. Причем этот выбор необратим и обычно не может быть детально просчитан. Интуитивное восприятие этих систем и проблем выбора для ЛПР неизбежно связаны с онтологическими моделями этих систем. Это и есть тот резерв, из которого ЛПР черпает вдохновение в процессе принятия решений. Часто это происходит на интуитивном уровне и не осознается ЛПР как рациональный процесс. Между тем в настоящее время появляется возможность отчасти объективировать этот процесс, пользуясь языком содержательной семантики и когнитивными образами.

Таким образом, описание состояния этих сложных систем неизбежно связано с неформальным языком содержательной семантики, который в свою очередь связан с определенными онтологическими структурами наиболее адекватными этим объектам с точки зрения ЛПР. В связи с этим требуется дать краткое описание типовых компьютерных метафор, отражающих особенности возможных онтологических систем, сформированных к настоящему времени в философии.

Разумеется, философы формировали варианты онтологических систем под давлением прежде всего естествоиспытателей. Более того, наиболее глубокие онтологические системы разрабатывались учеными, которые одновременно были выдающимися естествоиспытателями и философами.

Традиция отталкивается от Аристотеля, Лейбница, Декарта, Паскаля и продолжается Кантом, Brentano, Кантором, Гильбертом, Фреге, Махом, Бриджменом, Гуссерлем, Вейлем, Расселом, Гайзебергом и т. д.

Такой подход в настоящее время уже апробируется технически в технологии объяснительного искусственного интеллекта (ХАИ), индустрии добывания знаний (Data Mining) и в современных системах управления сложными системами ERP, OLAP, BMR. «Добывание», фиксация, «усвоение» эмпирического опыта рассматриваются в таком перспективном направлении информатики как инженерия знаний. Именно в этом направлении активно используются достижения когнитивной психологии, эпистемологии и математических средств реляционной алгебры. Инженерия знаний успешно продемонстрировала, что для привлечения и стимуляции интуитивных знаний, безусловно, требуются новые технические средства. Это, прежде всего системы когнитивной машинной графики и системы

виртуальной реальности [16, 17]. Помимо технических средств, требуются и разрабатываемые ниже компьютерные метафоры, отражающие различные онтологические структуры, которые порождаются в сознании ЛПР при попытках описания предметных областей. Но, прежде всего, требуется более корректно определить понятие онтологии.

Для правильного формирования метафор приведем наиболее распространенные определения онтологии, принятые в философии.

Прежде всего, онтологию можно понимать как теорию того, что есть, теорию бытия. Онтология рассматривает полный универсум, включающий все предметы, являющиеся возможными. С данной точки зрения, это общая теория отношений, общая теория вещей и свойств или теория ситуаций, событий и процессов.

Заметим, что многие онтологические типы явно подразумевают нелогические аспекты анализа. Наиболее удачные классификации типов онтологии предлагает Р. Поли.

1. *Онтология объектов и свойств.* Основывается на номинальной предикации. Такая онтология была отражена в работах Аристотеля. Предполагается соответствие между лингвистической и онтической формами (наложение языковой решетки на мир). Лингвистические варианты в перспективе моделирования представлены в работах Рудольфа Карнапа.

2. *Стратифицированная онтология.* Описывает мир в категориях зависимости. Первичная внутренняя дифференциация определяется по вопросу принятия или опровержения различия между общей и локальной онтологиями. С философской точки зрения подобной онтологией является феноменологическая онтология Гуссерля, Шелера, Ингардена и Гартмана. Если зависимость между; слоями (стратами) описывается с помощью отношений, то получаем семантику Тарского, если зависимость описывается с помощью функции получаем семантику Фреге и Черча. Отражением такого подхода в физике и математике являются общая теория систем, теория катастроф и термодинамика.

3. *Онтология событий.* Основывается на вербальной и невербальной предикации. Онтология такого типа изучается в работах Гегеля, Уайтхеда. Объектами онтологии являются динамические сущности. В современной физике это теория динамических систем, включая теорию относительности и квантовую теорию поля.

4. *Комбинаторная онтология.* Описывает универсум как композицию элементов и комбинацию элементов. Если комбинация является следствием внешних факторов и все элементы комбинируемы, то получаем комбинаторную логику Черча и Карри. Это пример синтетического подхода. Из философов эту онтологию развивал Лейбниц и Л. Витгенштейн.

5. *Трансформационная онтология.* Синтетичность здесь достигается только как совокупность состояний или модификаций. Это онтология

развиваемая, например, в работах Спинозы. Из физиков такую онтологию развивал Эйнштейн. Его трактовка квантовой механики и ОТО оказалась весьма уязвимой с точки зрения некоторых физиков.

6. *Онтология ментальных конструкций*. Описывает ментальную активность непосредственного созерцания, не рассматривает «факты» внешнего мира (интуиционизм Брауэра). Похоже, многие современные физики теоретики стоят на этих позициях (Хоукинг, Пенроуз, Виттен и др.).

Что касается формальной онтологии, то по сложившейся традиции термин «формальная онтология» имеет два различных значения.

Следуя аналитической традиции, формальная онтология является теорией бытия с точки зрения формальной логики, т. е. теория бытия в рамках и на языке элементарных формальных теорий.

Научная теория полагает некоторые объекты существующими. Универсум таких объектов составляет онтологию этой теории – обычно в этой связи говорят об онтологических допущениях языка теории. Например, широко известный критерий У. Куайна «Быть – значит быть значением связанной переменной» определяет онтологию узкого исчисления предикатов с помощью операции квантификации.

Но следует учесть, что само по себе экзистенциальное прочтение квантора существования не фиксирует какой-либо определенный модус существования. Здесь мы сталкиваемся с тем обстоятельством, что в соответствии с критерием Куайна нам придется считать возможные миры частью онтологии. Если бы мы попытались говорить лишь об онтологии относительно каждого возможного мира, то мы ничего не смогли бы сказать об **онтологии совокупности всех возможных миров**.

Пытаясь преодолеть эти трудности, У. Куайн выдвигает в качестве противовеса понятию «онтология» понятие «идеология» или «концептуальное содержание». Под **концептуальным содержанием теории** понимается определенная часть концептуальной системы, используемой для познания реального мира, та часть, которую мы обязаны принять в предположении истинности теории.

Необходимость использования такого термина как **концептуальное содержание** становится понятной, когда мы имеем дело с проблемой сравнения теорий.

Точно так же возникает вопрос о смысле эквивалентности индивидов предметных областей в случае эквивалентности теорий с разными предметными областями. По-видимому, **концептуальное содержание** характеризует выразимость свойств и отношений индивидов из принимаемой онтологии, и поэтому не является частью онтологии.

Заметим, что сам термин «концептуальное содержание» указывает на определенную субъективность, поскольку мы не всегда имеем

семантические средства для выделения объектов реального мира из совокупности объектов возможных миров.

Именно здесь в поддержку семантическим средствам можно предложить средства когнитивной машинной графики для объективации и визуализации объектов реального мира из совокупности объектов возможных миров.

Заметим, что в стандартной семантике какой-либо определенный модус существования вообще не фиксируется. Как справедливо указывает Васюков и Бессонов истолкование квантора существования «...как выражающего именно реальное, материальное существование является ошибкой (причем весьма распространенной)» Один из создателей логической семантики А. Тарский утверждал, что онтология как общая теория предметов «вряд ли как-либо связана с семантикой». Это не удивительно, если вспомнить, что семантика имеет дело с отношением наших утверждений к действительности, а онтология есть теория представления этой действительности. Поэтому в семантической теории Тарского не предполагается, что в качестве объектов предметной области в логической семантике должны рассматриваться как обязательно реально существующие предметы. Для теоретической физики такая позиция начинает доминировать в работах Хоукинга, Пенроуза, Виттена.

На возникающий при этом вопрос, какие же предметы определяют логические понятия, Тарский отвечает следующим образом: те и только те логические понятия являются логическими, которые определяют объекты, инвариантные относительно любого взаимно-однозначного отображения «мира» (или «универсума рассуждения», или «класса всех индивидов») на себя. Таким образом, ответ Тарского носит чисто формальный характер; его не интересует природа логических сущностей, являются ли они физическими, ментальными, принадлежат ли они к платоновскому миру идей, Фрегевским «мыслям» и т. п. Ответ подразумевает онтологию, носящую также чисто формальный характер.

По мнению этих авторов, Тарский не проводит четкого различия между логическими понятиями и логическими сущностями.

Если рассматривается лишь одна предметная область, то логические понятия и логические сущности жестко связаны, поскольку для каждого логического понятия существует единственная логическая сущность, подпадающая под это понятие. Если же допускается возможные изменения предметной области, то для каждого логического понятия будут существовать различные логические сущности, подпадающие под данное понятие (т. е. изменяется объем понятия).

Чисто комбинаторная интерпретация онтологии присуща «Логико-философскому трактату» Л. Витгенштейна. Он сводит все модальности к чисто логическим модальностям.

Анализ понятия онтология позволил философам и логикам уточнить термин **формальная онтология**. *Формальная онтология трактуется как теория, в которой исследуются формальные структуры объектов и структуры возможных отношений между ними.* Формальная онтология формулируется не как аксиоматическая система, а как структура, в которой даются лишь интуитивные основания для ее разработки.

Еще один принципиально иной вид формальной онтологии мы находим в работах Э. Гуссерля. В этом случае *формальная онтология рассматривается как теория части и целого и их взаимоотношений.*

При этом следует подчеркнуть, что Гуссерль в своих работах не использует какой-либо формальный аппарат в современном понимании смысла этого слова. Его исследования представляют собой скорее анализ с целью выяснения интуитивных оснований и понятий для разработки систем формальной онтологии. Несмотря на их различие, обе разновидности формальной онтологии по большинству вопросов занимают сходные позиции.

Стандартная семантика обычной логики предикатов задается с помощью понятия модели, представляющей собой некоторое множество с заданной на нем системой отношений и функций.

Ученик Гуссерля Лесьневский предложил свой вариант формальной онтологии, который позволил установить «мостик» между понятиями Гуссерля и определениями формальной онтологии в более рациональном ключе.

Таким образом, Онтологию Лесьневского можно рассматривать как некий вид систем формальной онтологии, в которой характеристика онтологических понятий предполагает не теоретико-множественные термины, но лишь термины исчисления имен. Преимущество такой точки зрения сказывается при расширении диапазона понятий онтологических объектов и отношений между ними.

Примером служит *проблема представления* и его объекта. С точки зрения традиционной проблемы чужого сознания материальный предмет, являясь объектом представления многих сознаний, обладает новым измерением своей собственной сущности. Если бы оно было просто эпистемологическим по природе, такое измерение могло бы быть истолковано в рамках гуссерлевских рассмотрений части и целого.

Когда интенциональная активность нашего сознания направлена на некоторый предмет, то лишь часть его значения может быть воспринята в акте представления и, следовательно, мы получаем лишь возможный образ подлинного предмета. В свою очередь, во всех актах представлений одного и того же предмета его основной образ (как некий вид фона, как его, говоря топологическим языком, «внутренность») всегда присутствует в сознании. Будучи зависимым от акта представления, образ подлинного

предмета представляет собой как бы некоторое усреднение всех возможных образов, их пересечение (непустота подобного пересечения является условием его идентификации). Отсюда его появление всегда необходимо и, так или иначе, всегда независимо от нашей воли. Следует особо отметить возможность человеческого сознания мыслить зрительными образами. Поэтому кажется естественным появление средств для визуализации таких образов (по крайней мере в рамках компьютерной метафоры)!

Согласно взглядам В. Л. Васюкова, для модальной интерпретации нетрудно адаптировать семантику возможных миров модальной логики. Достаточно говорить об интенциональном состоянии (состоянии направленности на предметы) сознания вместо возможного мира. Это позволяет передать смысл понятия «возможного» или «необходимого» предмета как объекта представления, чье восприятие связано с интуитивным убеждением (или знанием) о его восприятии в некоторой или во всех ситуациях (интенциональных состояниях).

Итак, если принять определение формальной онтологии, то в соответствии с вышеприведенным рассмотрением «феноменологический способ существования» мог бы быть подходящим для специальной формальной онтологии.

Возникающий здесь вопрос связан с взаимоотношениями структуры языка и онтологических допущений. Известно, что структура языка и мышления связана с допущениями о познаваемом. Это справедливо не только для естественных языков, но также и для искусственных, в частности, для языков логики несмотря на то, что они более просты, что их структура более прозрачна, и, принимая их, мы заведомо абстрагируемся от ряда моментов.

Согласно мнению В. А. Смирнова онтологические проблемы, несомненно, являются правомерными. Однако решаются они не в рамках натурфилософии и не методами, подобными естественнонаучным, а путем анализа познавательных процедур и категориальной структуры мышления.

И далее: «Мы исходим из допущения, что принимаемый язык, используемые познавательные процедуры не безразличны к познаваемому; принятие того или иного языка, той или иной логики вынуждает нас делать определенные допущения о познаваемых объектах. Одна из задач философии и состоит в том, чтобы установить связь между принимаемыми средствами выражения и рассуждения, с одной стороны, и допущениями об объектах рассуждения – с другой. И не только описать, но и четко сформулировать и обосновать. Конструирование искусственных языков и выяснение содержащихся в них онтологических допущений является хорошим средством изучения проблем онтологии». К этому можно добавить, что генерация когнитивных образов также может послужить дополнительным инструментом для изучения и формирования онтологий.

Васюков предлагает использовать термин *формальная феноменология* как имя систем, являющихся расширениями Онтологии Лесьневского. Это название с самого начала побуждает действовать в направлении создания компьютерных метафор с учетом вклада феноменологических идей в проводимые исследования.

Само по себе конструирование искусственных языков с эпистемологическими допущениями не является новостью для современной логики. В современных системах неклассических логик в явном виде фигурируют не только чисто онтологические допущения, но и понятия познающего субъекта, систем знания, систем норм, ценностей и оценок. Подобного рода эпистемологические допущения помогают преодолевать трудности, возникающие не только при анализе экспериментальных данных в наблюдательной космологии, но и при конструировании языков программирования, и при решении проблемы искусственного интеллекта. На пути преодоления этих трудностей родились такие дисциплины как компьютерная феноменология, компьютерная герменевтика и компьютерная когнитивная графика. Как показано выше развитие этих компьютерных дисциплин и наблюдательной космологии требует достаточно подробных компьютерных метафор, отражающих фундаментальные онтологии.

4. Компьютерные метафоры феноменологических конструкций онтологических систем Ф. Brentano, М. Хайдеггера и П. Сартра

Ф. Brentano принимая метафизику Аристотеля, видел источник знания в непосредственном осознании наших собственных ментальных феноменов. Кроме того, он предполагал существование внешнего мира. Согласно классификации Поли его дискриптивная психология по сути является онтологией ментальных структур. Если отметить его представление о существовании реального мира, то можно смело взять его онтологии для формирования компьютерных метафор при анализе экспериментальных данных в прагматических науках.

Используя феноменологический метод редукции, Хайдеггер вводит свою известную категорию «бытие-в-мире». Интенциональный метод предполагает не только редукцию, но и конституцию. Сознание не просто имеет в виду предмет, но придает ему смысл в зависимости от всего предшествующего ему опыта. Так, когда, скажем, ребенок, смотрит на ромашку, он еще не знает названия цветка, хотя уже отличает цветы от других растений. Ученый же назовет вам разновидность, семейство, возраст ромашки и т. д. Для ученого объект будет наделяться более богатым смыслом.

Этот тезис показывает необходимость существования в компьютерной метафоре для Хайдеггеровской онтологии рекурсивных процедур и структур байесовского вывода.

В интенциональном анализе становится очевидной **активность нашего сознания**, придающая смыслы вещам в зависимости от опыта, а

также от целевой и эмоционально-волевой установок субъекта, который конституирует предметы различными актами сознания как прекрасные или безобразные, истинные или ложные, реально существующие или воображаемые.

Этот тезис показывает необходимость существования в компьютерной метафоре для Хайдеггеровской онтологии средств отображения исходной картины данных в эстетически оформленные образы.

В методе редукции и конституции в действительности мы видим два взаимосвязанных процесса. Сартр использует феноменологический метод для построения своего онтологического учения, изменяя в соответствии со своим замыслом и значением ряда терминов Гуссерлевской философии. Гуссерль, по существу, стремится углубить трансцендентализм философии Канта. Для него главной задачей было дать описание структур чистого трансцендентального сознания. В его работах феноменологическая редукция не распространяется на это Я, которое в виде «Я мыслю» сопровождает все наши представления.

Сартр радикализирует феноменологическую редукцию и распространяет ее **на любые предметности**, в том числе и на это чистое Я.

Этот тезис показывает необходимость существования в компьютерной метафоре для Сартровской онтологии средств отображения исходной картины данных в эмоциональный настрой лица, наблюдающего когнитивные образы.

Для Гуссерля единство сознания определяется этим «Я мыслю», сопровождающим всю нашу сознательную деятельность. Здесь определяется единство наук и мира. Единство сознания определяется его интенциональностью, направленностью на объект, трансцендентный сознанию. Источник единства находится именно в объекте.

Этот тезис как отмечалось ранее обеспечивается как эйдетическим, так и интенциональным характером когнитивного образа в компьютерной метафоре.

Для Сартра трансцендентальное сознание существует без субъекта, оно есть чистая безличностная активность. Сартр пишет: «Мы можем сформулировать наш тезис: трансцендентальное сознание есть безличностная активность, она определяется к существованию в каждый момент, без чего нельзя понять ничего перед ней. Итак, в каждый момент нашей сознательной жизни мы открываем творение ex nihilo (из ничего). Но новое расположение и новое существование. Это не есть творение мира и его вещей».

Стержневой его идеей Сартра является констатация антагонизма между сознанием и бытием, субъектом и объектом, свободой и необходимостью, свободой и отчуждением, а также стремление найти их синтез и примирение. Таким методом Сартр создает свою версию феноменологической онтологии.

Источники Сартровской онтологии, кроме Гуссерля, мы находим у Декарта, Гегеля и Хайдеггера. Дуализм субстанций Декарта обнаруживается у Сартра в дуализме двух сфер бытия: **бытия-в-себе** и **бытия-для-себя (сознания)**. Сартр отрицает какие-либо качественные и количественные характеристики бытия-в-себе. Оно просто есть. Оно непрозрачно, неделимо, бесконечно плотно и непроницаемо. Похожую характеристику бытия мы находим в элейской школе философии Древней Греции. В соответствии с феноменологической теорией раскрытия бытия посредством интуиции, принимающей у Шелера ценностный, эмоционально-моральный характер, Сартр утверждает, что бытие будет открываться нам через эмоции.

Однако в самом понятии бытия-в-себе, которое мы находим у Канта, где оно означало и его материалистическую посылку, и невозможность познания вещи, какой она существует сама по себе, есть проблема. Мы убеждены, что познаем вещи реального мира более или менее такими, какими они существуют сами по себе. Но о вещах вне всякой познавательной деятельности можно сказать лишь то, что они есть. Нет никакого противоречия, если мы вообразим себе мыслящих существ самого различного психофизиологического типа, пространственных размеров и временной длительности своего бытия. За исключением того, что все они должны следовать в жизни и познании законам логики, без которых невозможна разумная жизнь, качественные особенности познаваемых вещей окажутся у разных типов разные. Каждый будет правильно познавать те стороны реальности, которые соответствуют условиям его бытия. Мир же, каким он существует сам по себе, может познать только предельная, гипотетическая сущность.

Если бытие-в-себе не нуждается в чем-либо для своего существования, то бытие-для-себя, сознание, появляется только на основе бытия-в-себе и не представляет собой самостоятельной субстанции. Сартр отрицает за бытием сознания, обладание каким-либо внутренним содержанием. Это чистое ничто, функция которого отрицание, «ничтожение» всего того, что не есть оно. Здесь Феноменологическая онтология не является онтологией в традиционном смысле слова, т. е. учением о фундаментальных структурах мира. Она не является онтологией и в хайдеггеровском понимании как раскрытие смысла бытия вообще через бытие человека. Категорию Хайдеггера «бытие-в-мире» Сартр переводит в понятие «человеческая реальность», упрекая Хайдеггера в том, что у него о сознании ничего не говорится. Сартр разрабатывает онтологию сознания. «Сознание реально, оно существует на поверхности бытия в себе. Сознание (в его бытийном слое) – это средство не только овладения, но в известном смысле преодоления конкретных пространственно-временных форм и определений реальности, средство «обмена» времени действия на пространство образа и пространства образа на время действия. Такая обратимость дает возможность подняться над ситуацией. Рефлексивный слой сознания – это отношение к действительности».

Эту сложную структуру сознания как раз и старается проанализировать французский философ. Анализ поведения сложных систем и данных, которые они порождают, требует учета возможностей человеческого сознания. Учет этих возможностей может осуществляться с помощью интеллектуальных интерфейсов, снабженных когнитивными технологиями. Сартр утверждает, что эмоции, например, не пассивные состояния, а наделены значением; они несут в себе цель, проект. Это особо важно в прагматических науках. Посредством эмоций сознание стремится достичь цели «магически», избегая реальности. Как и все психические состояния, они порождаются нечистой рефлексией и поэтому пребывают в самообмане, они неискренни. Такое отношение к действительности устраняется посредством очищающей рефлексии. Сартр выступает против теорий, делающих человека рабом эмоций и освобождающих его от ответственности.

Сознание как свобода имеет функцию постоянного бегства от предметностей, от данностей сознания. Это свобода от чего-то, которая более всего подчеркивается Сартром. Но одновременно свобода является свободой для чего-то. Если бытие-в-себе плотно, непроницаемо, заполнено и его всегда предостаточно, «слишком» (*de trop*), то сознание прозрачно, пусто; оно представляет собой недостаток, выражаемый в желаниях, целях и проектах, которые должны быть выполнены, «заполнены».

Позитивной функцией сознания является конституирование мира со всеми его вещами, отношениями и свойствами. Бытие-в-себе не имеет никаких качеств. Время, пространство, качество и количество, отношение, необходимость, возможность и т. д. – все это конституируется ничтожением (неантизацией) бытия-в-себе.

Рассмотрим теперь описание сознания как бытия, которое есть то, чем оно не является. В нем подчеркивается существенно проективный, целеполагающий характер сознания, его противоречивая природа. Человек всегда проектирует себя в будущее, которым он еще не стал. Сознание не является тем, что оно есть, так как оно уже позади себя как «превзойденное», «отсталое» прошлое – есть необходимая структура сознания, но его уже нет, оно застыло в себе. Сознание постоянно проектирует воплощение себя. Это неизменное колебание между прошлым и будущим через настоящее, действительно, образует диалектическое противоречие человеческого духа. Отсюда и такая структура сознания, как быть в самообмане, в колебании между заблуждением и истиной, отчуждением и свободой, идеалом, трансцендентностью и фактичностью, «низменным» бытием.

Этот тезис показывает необходимость существования в компьютерной метафоре для Сартровской онтологии средств отображения исходной картины данных во временную последовательность когнитивных образов, которые реализованы как последовательность «проектов», которые доступны всем пользователям.

Таким образом, весь набор компьютерных метафор описывающих различные варианты феноменологических онтологий обеспечивает неограниченные возможности для лиц принимающих решения учесть все формы предпочтений в процессе принятия решений.

Данный подход еще раз иллюстрирует возможности феноменологии для успешной интеграции гуманитарных и точных знаний в процессе принятия решений в условиях глубокой априорной неопределенности.

Заключение

Таким образом, на основе проведенного анализа возможностей работы с когнитивными образами, которые открываются при использовании компьютерных метафор (конструируемых на основе феноменологических онтологий Brentano, Husserl, Heidegger и Sartre) можно сделать вывод о перспективности разработок методик манипуляции с когнитивными образами, порождаемыми системами когнитивной машинной графики. Эта перспектива подтверждается последними разработками авторов в этой области [21–28].

Список литературы

1. Lemm J. C. Bayesian field theory. – Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press, 2003. – ISBN 0-8018-7220-0.
2. Lemm J. C. Inverse time-dependent quantum mechanics // *Physics Letters A*. – 2000. – Vol. 276(1–4). – Pp. 19–24.
3. Горохов В. Л., Барышев Ю. В., Гозина Я. Л. Модифицированный алгоритм обнаружения репрезентативности данных гравитационных наблюдений // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2004), г. Санкт-Петербург, 17–19 июня 2004 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2004.
4. Agostini G. Bayesian reasoning in physics // CERN-99-03, July, 1999.
5. Трухаев Р. И. Модели принятия решений в условиях неопределенности. – М.: Наука, 1981.
6. Горохов В. Л., Муравьев И. А. Выявление компьютерных метафор интенциональных и эйдетических объектов в когнитивных образах // Вестник ИНЖЭКОНА. Серия технические науки. – 2006. – Вып. 3(12). – С. 74–85.
7. Гусева Е. А., Леонов В. Е. Проблема реализуемости высших психических функций в системах машинного интеллекта // Вестник ИНЖЭКОНА. Серия технические науки. – 2006. – Вып. 3(12). – С. 85–89.
8. Горохов В. Л., Витковский В. В., Иванов Л. Н. Робастно-когнитивная технология динамической визуализации многомерных наблюдательных данных / Препринт САО РАН. – Ниж. Архыз, 1992. – № 93.
9. Allen R. B. Cognitive factors in human interaction with computers // *Behavior and Information Technology*. – 1989. – Vol. 1. – No. 3. – Pp. 257–278.
10. Gorohov V. L., Vitkovskij V. V., Ivanov L. N. Cognitive informational technology of planning and control of ecological monitoring with further robust analysis of extreme manifestations // *Proceedings First Eurasian symposium on space science and technologies*, Gebze, Turkey, October 25–27, 1993.

11. Горохов В. Л., Иванов Л. Н. Пакет программ квантильной визуализации и классификации многомерных данных и его развитие для задач обработки сигналов // Материалы 45 науч.-тех. конф. «Актуальные проблемы развития радиотехники электроники и связи», г. Ленинград, 16–18 апреля 1990 г. – Л., 1990.
12. Buja A., Cook D., Swayne D. F. Interactive high-dimensional data visualization // *Journal of Computational and Graphical Statistics*. – 1996. – Vol. 5(1). – Pp. 78–99.
13. Koschat M., Swayne D. F. Interactive graphical methods in the analysis of customer panel data // *Journal of Business and Economics Statistics*. – 1996. – Vol. 14(1). – Pp. 113–132.
14. Symanzik J., Majure B., Cook D., Cressie N. Dynamic graphics in a GIS: a link between ARC/INFO and XGobi // *Computing Science and Statistics: Proc. of the 26th Symp. on the Interface*. – 1994. – Pp. 431–535.
15. Geladi P, Esbensen K. Regression on multivariate images: principal component regression for modeling, prediction and visual diagnostic tools // *Journal of chemometrics*. – 1991. – Vol. 5. – Pp. 97–111.
16. Кулинич А. А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва» [Электронный ресурс] // Программные продукты и системы. – 2002. – № 3. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-resheniy-kanva> (дата обращения: 25.05.2024).
17. Горохов В. Л., Муравьев И. А. Компьютерные метафоры для интенциональных и эйдетических объектов в когнитивных системах // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2006), г. Санкт-Петербург, 17–19 июня 2006 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2006.
18. Горохов В. Л., Тееррикорпи П., Барышев Ю. В., Витковский В. В. Синтез новых когнитивных метафор для интерактивного анализа многомерных данных мониторинга космических систем ближнего и дальнего космоса // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Современные проблемы прикладной информатики», г. Санкт-Петербург, 23–25 мая 2007 г. – СПб.: Издательство СПбГТУ. – С. 90–93.
19. Горохов В. Л., Лукьянец А. А., Ротарь В. Г., Чернов А. Г. Методы когнитивной визуализации многомерных данных для поддержки принятия решений // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2007), г. Санкт-Петербург, 25–27 июня 2007 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2007.
20. Горохов В. Л., Тееррикорпи П., Барышев Ю. В., Муравьев И. П. Компьютерные метафоры феноменологических конструкций Ф. Brentano, М. Хайдегера, Ж. П. Сартра для систем обработки астрофизических наблюдений // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2007), г. Санкт-Петербург, 25–27 июня 2007 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2007.
21. Горохов В. Л. Байесовский подход: последние достижения и будущее систем интеллектуальной поддержки принятия решений // Труды Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM–2007), г. Санкт-Петербург, 25–27 июня 2007 г. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина), 2007.
22. Горохов В. Л., Муравьев И. П. Когнитивная машинная графика. Методы динамических проекций и робастная сегментация многомерных данных. Методология, методики и интерфейсы: монография. – СПб.: ИНЖЭКОН, 2007. – 173 с.

23. Горохов В. Л., Лукьянец А. А., Чернов А. Г. Современные методы когнитивной визуализации многомерных данных: монография. – Томск.: Некоммерческий фонд развития региональной энергетики, 2007. – 216 с.

24. Shirokov S. I., Gainutdinov R. I., Lovyagin N. Yu., Gorokhov V. L. Solving the inverse cosmological calibration problem of gamma-ray bursts // *MNRAS* 527. – 2024. – Pp 2214–2231.

25. Shirokov S. I., Sokolov I. V., Lovyagin N. Yu., Amati L., Baryshev Yu. V., Sokolov V. V., Gorokhov V. L. High redshift long gamma-ray bursts Hubble diagrams a test of basic cosmological relations // *MNRAS*. – 2020. – Vol. 496, Iss. 2. – Pp. 1530–1544.

26. Lovyagin N. Yu, Gainutdinov R. I., Shirokov S. I., Gorokhov V. L. The Hubble diagram: Jump from supernovae to gamma-ray bursts // *Universe*. – 2022. –Vol. 8(7). – DOI: <https://doi.org/10.3390/universe8070344>.

27. Горохов В. Л., Широков С. И., Витковский В. В. Когнитивный метод динамической визуализации многомерных данных, применяемый к отношению Амати // *Statistical Challenges in Modern Astronomy VII (SCMA VII)*, the Penn State Center for Astrostatistics, Pennsylvania State University, University Park, PA, June 7–10, 2021.

28. Nikonov M., Chekal M., Shirokov S., Baryshev A., Gorokhov V. The line-of-sight analysis of spatial distribution of galaxies in the COSMOS2015 catalogue // *Universe*. – 2020. – Vol. 6(11). – DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2011.10796>.