

**Горохов Владимир Леонидович**<sup>1</sup>,  
профессор каф. Инновационного менеджмента,  
д-р техн. наук, профессор;  
**Брусакова Ирина Александровна**<sup>2</sup>,  
зав. каф. Инновационного менеджмента,  
д-р техн. наук, профессор

## КОГНИТИВНЫЕ ОНТОЛОГИИ КИБЕРФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АДАПТИВНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

<sup>1,2</sup>Россия, Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный  
электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина);  
<sup>1</sup> vlgorohov@mail.ru, <sup>2</sup> brusakovai@mail.ru

**Аннотация.** Предлагается два вида компьютерной графики и интеллектуального анализа данных: иллюстративный и когнитивный. Соответствующие когнитивные картины 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 мы разработали SW-систему 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. Gorokhov**<sup>1</sup>,  
Professor, Doctor of Technical Sciences;  
**Irina A. Brusakova**<sup>2</sup>,  
Head of the Innovation Management Department,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## COGNITIVE ONTOLOGIES OF CYBERPHYSICAL SYSTEMS FOR INTELLIGENT ADAPTIVE INTERFACES

<sup>1,2</sup> St. Petersburg Electrotechnical University “LETI”, St. Petersburg, Russia;  
<sup>1</sup> vlgorohov@mail.ru, <sup>2</sup> brusakovai@mail.ru

**Abstract.** There are two kinds of computer graphics and Data Mining: the illustrative one and the cognitive one. Appropriate the cognitive pictures not only make evident and clear the sense of complex and difficult scientific concepts, but promote, — and not so very rarely, — a birth of a new knowledge. On the basis of the cognitive graphics concept, we worked out the SW-system for visualization and analysis. It allows to train and to aggravate intuition of researcher, to raise his interest and motivation to the creative, scientific cognition, to realize process of dialogue with the very problems simultaneously.

**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 ЛПП 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 ЛПП 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**

Идея содержательного, предметного для данной отрасли приложений диалога компьютерной системы с пользователем получила название и свое материальное воплощение в виде **интеллектуальных машинных интерфейсов (интеллектуальные адаптивные интерфейсы) ИИ** [1–2].

Подобные программные надстройки над системами обработки данных перед началом работы с системой обработки данных осуществляют диалог с ЛПР с целью создания так называемой **модели пользователя** (User model) [1–2]. Подобные модели обеспечивают настройку системы обработки данных, обеспечивающую наиболее рациональное и адекватное использование имеющихся математических средств обработки данных и моделирования. По сути, речь идет о настройке системы Data Mining под возможности конкретного пользователя. Учитываются его теоретические, экспериментальные и познавательные установки.

Однако практическое воплощение этой идеи наталкиваются на ряд серьезных трудностей. Прежде всего, это трудности формирования методики и содержания диалога с пользователем, методики «выспрашивания» пользователя о его текущем фокусе внимания в данной предметной области, фиксации уровня знаний пользователем предметной области, методики оценки познавательных установок пользователей.

### **2. Описание подходов к решению проблемы формирования модели ЛПР**

Как уже отмечалось, это требуется для правильного выбора средств обработки данных, которые есть в распоряжении системы Data Mining. Другими словами качество модели пользователя определяет качество работы человеко-машинного интерфейса и как следствие — качество обработки системы обработки данных и возможности.

На пути преодоления означенных выше трудностей уже разработаны несколько новых подходов, которые излагаются ниже.

– Первый подход состоит в том, чтобы «заставить» пользователя, используя язык теории категорий или языки формальных логик, сформировать задачу пользователя с учетом всех возможных теоретических моделей (цифровых двойников) объекта исследований — источника данных подлежащих обработки [1]. Язык теории категорий позволяет с единых позиций «взглянуть» на самые разные теоретические модели, возникающие в самых различных разделах предметной области. Заставляя ЛПР заранее (хотя бы до начала обработки) четко сформулировать весь набор моделей и четко фиксировать свой научный выбор можно обратить внимание ЛПР на альтернативные способы обработки данных.

– Второй подход был создан, для того чтобы преодолеть недостатки первого подхода, связанные с тем, что первый подход требует от ЛПР освоения достаточно сложного аппарата теории категорий. Для этого во втором подходе предлагается создать средства интеллектуального интерфейса обеспечивающие в рамках диалога с пользователем выяснение познавательных установок ЛПР на языке логики имен Лесневского. Этот язык использует достаточно простой синтаксис, но возможности этого языка позволяют пользователю сформировать его познавательные установки в общефилософских терминах определяющих онтологические и гносеологические предпочтения пользователя. Средства интерфейса позволяют пользователю выбрать из набора готовых онтологических и гносеологических схем, которых придерживались лидеры и основоположники современного естествознания (например — Гильберт, Бриджмен, Бор, Гайзенберг, Эйнштейн, Вейль, Уайтхед, Рассел и др.). В экономике это, например Н. Н. Талеб и Д. Канеман. Эти схемы можно условно назвать **компьютерными метафорами познавательных установок ЛПР** [3–6]. Такой термин необходим, чтобы отличать их от подлинных философских онтологий и гносеологий оригинальных философских систем. Далее такие метафоры онтологических и гносеологических схем, зафиксированные в рамках языка логики имен специальными трансляторами превращаются в инфологические и концептуальные схемы (аналогичные идеи излагаются в терминах инженерных онтологий), которые используются для выбора математических и компьютерных средств, для обработки данных наблюдений. Для пользователей, которые не смогли сами четко определиться со своими философскими и познавательными установками диалоговая система предлагает набор когнитивных изображений отражающих различные гносеологические установки. Выбор конкретных

изображений позволяет ЛПП определиться с познавательными установками и, следовательно, определиться с возможностями математических и программных средств обработки данных. Здесь находит применение познавательный (когнитивный) способ, основанный на использовании возможностей наглядно-образного мышления человека.

– Третий подход предназначен, для того чтобы воспользоваться еще раз возможностями наглядно-образного мышления человека. На этот раз наглядно-образное мышления человека используется для графически — образного представления многомерных данных наблюдений. Такое графическое представление многомерных данных наблюдений позволяет создать в сознании человека «псевдотрехмерный когнитивный образ», отражающий геометрические свойства многомерных данных наблюдений [3–6].

### **3. Идея и средства генерации и согласования с ЛПП когнитивных образов BIG DATA**

Такой когнитивный образ позволяет ЛПП адекватно природе данных выбрать математические средства их обработки и наглядно представить их математическую и физическую природу. Подобный подход, очевидно, вписывается в современную традицию обработки данных, обозначенную Тьюки, как разведочный анализ данных. Порождение графических образов, отражающих математическую и физическую природу данных эксперимента, получил название **когнитивной машины графики** [3–6]. Зрительное изучение «псевдотрехмерного» когнитивного образа позволяет ЛПП увидеть уникальные структурные особенности многомерных данных, отражающие принципиально новые свойства объекта исследования. Эти структурные особенности данных и породили когнитивные графические образы, которые и они могут трактоваться как компьютерные метафоры, а их сочетания можно трактовать как графическое представление инженерных онтологий.

На рисунке 1 представлен пример такого неожиданного когнитивного образа, который был получен по результатам работы с глубоким обзором RATAN-600 radio sources catalog. Этот когнитивный образ (метафора) отразил принципиально новый класс радиоисточников.

Таким образом, на современном этапе развития Data Mining появились, по меньшей мере, три новых способа выявления новых знаний из BIG DATA. Эти способы предназначены для таких ситуаций возникающих при обработке наблюдательных данных, когда изучаемые объекты представляют собой фундаментально сложные системы — киберфизические системы. Эти новые знания, оформленные и объективированные,

как научные метафоры в данной работе предлагается сопоставлять с гносеологическими и инженерными онтологиями конкретной предметной области.

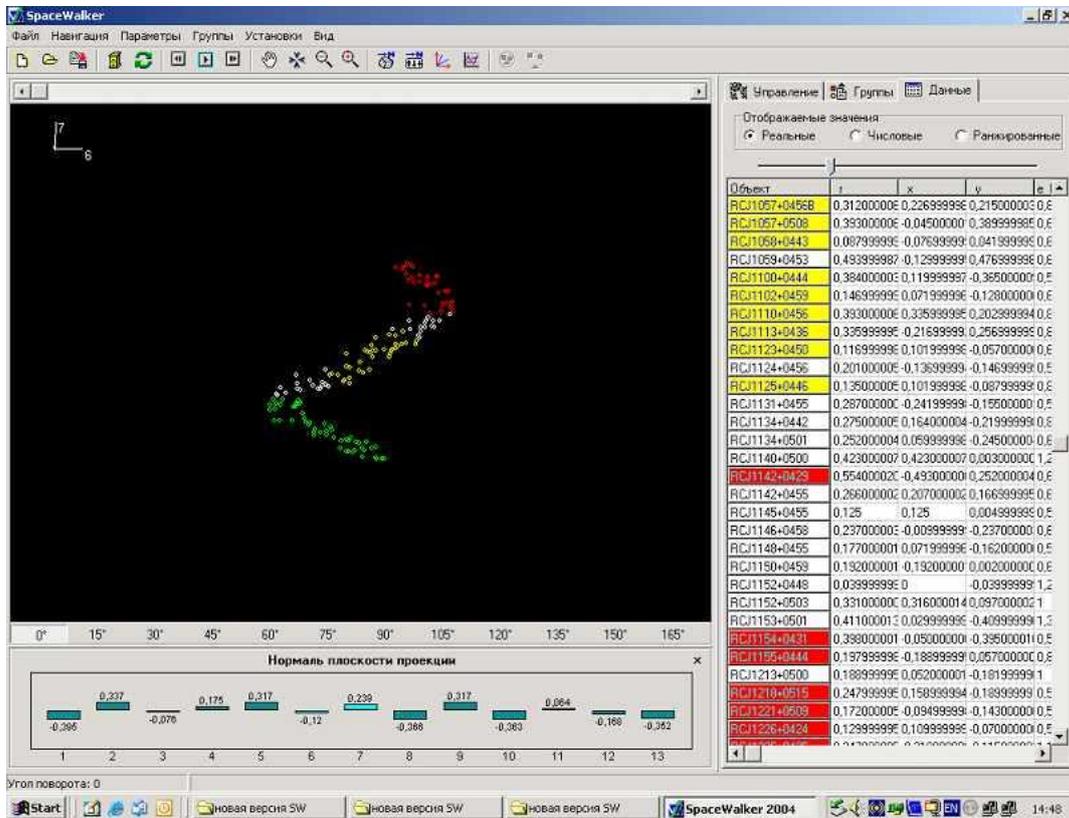


Рис. 1. Пример когнитивного образа многомерных данных для обзора RATAN-600 radio sources catalog

Упомянутые инженерные онтологии [7, 10–12], в настоящее время, уже активно разрабатываются и используются в экономике и менеджменте. Они носят лингвистический характер и их сопоставление с когнитивными метафорами, порожденных на многомерных количественных данных той же предметной области позволяет ЛПР фиксировать новые аспекты и знания, полезные для принятия управленческих решений. Синтез средств генерации инженерных онтологий и средств генерации когнитивных метафор позволяет ослабить проблему априорной неопределенности в поведении киберфизических систем.

В настоящее время авторами разрабатываются методики и программные средства такого сопоставления. Структурная схема одной из методик показана на рисунке 2, а на рисунке 3 показана концептуальная схема программных средств генерации и сопоставления когнитивных метафор.

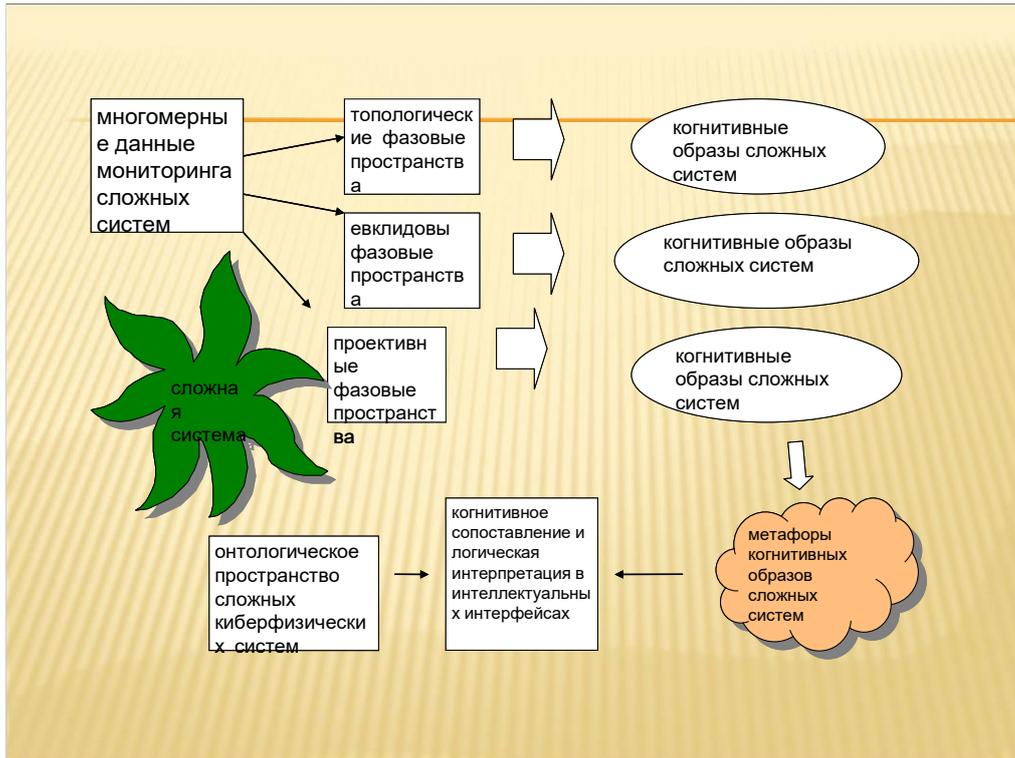


Рис. 2. Процедура сопоставления онтологических пространств и когнитивных метафор сложных систем



Рис. 3. Концептуальная схема программных средств генерации и сопоставления когнитивных метафор

Остается решить еще один «логически пикантный» вопрос: как быть, если разные ЛПП выберут разные познавательные установки (онтологические или гносеологические) и, используя соответствующие средства обработки, получат логически противоречивые выводы?

Прежде всего, надо учесть, что естествознание и прагматические науки на современном уровне развития допускают наличие логических парадоксов в отношении научных теорий. Современные философские системы от Поппера до Хайдеггера также допускают подобные ситуации. Здесь важно чтобы при обсуждении таких парадоксов естествоиспытатели имели возможность четко и публично зафиксировать свои онтологические, гносеологические и физические схемы. Именно этого порой и не происходит по причине отсутствия современных инструментов для фиксации всего комплекса наблюдательных и теоретических установок ЛПП. Предлагаемые инструментальные когнитивные средства и позволяют фиксировать и сопоставлять эти онтологические схемы. Здесь кажется уместным использовать байесовский подход, который уже активно используется в наблюдательной астрофизике. Такой подход позволяет и предписывает рациональным образом фиксировать и сопоставлять результаты разных авторов. Он позволяет во всей полноте, открыто и четко фиксировать, каждому автору свои познавательные установки, принятые теоретические модели и средства обработки данных наблюдений. Это позволит избежать недоразумений и бесплодных споров, связанных с недомолвками или неясностями в отношении гносеологических и онтологических установок различных авторов. Подобный подход позволяет дополнить бурно развивающуюся инженерию онтологий дополнительными инструментами помогающими сделать явными знания количественного характера, содержащиеся в рамках предприятий и бизнес-процедур [7].

### **Заключение**

В работе предлагается идея содержательного (предметного для любой конкретной отрасли приложений) диалога компьютерной системы с ЛПП. Предлагается два принципиально новых подхода для диалога с ЛПП, основанных на логике Лесневского и средствах генерации когнитивных метафор, базирующихся на BIG DATA [3–6]. Предлагаются методы генерации и сопоставления когнитивных метафор и инженерных онтологий, сгенерированных для конкретных предметных областей, на основе BIG DATA. Предлагаемые методы и подходы могут дополнить инструментарий проектирования инженерных онтологий FODA, Protégé, DSL Tool VS.Net и др. [7, 10–12].

## Список литературы

1. Стефанюк В.Л., Жожикашвили А.В. Сотрудничающий компьютер: [проблемы, теории, приложения] / Отв. ред. Г. С. Осипов; РАН, Ин-т проблем передачи информации. – М.: Наука, 2007. – 274 с.
2. Stefanuk U.L. Towards intelligent operating system flexible LISP environment // UTT Sem. on man-machine interface. – Espoo, Finland: Tech. Res. Centr., 1987. – Pp. 117–127.
3. 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.
4. Allen R.B. Cognitive factors in human interaction with computers // Behavior and Information Technology. – 1989. – Vol. 1, No 3. – Pp. 257–278.
5. 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, 25–27 Oct 1993, Gebze, Turkey.
6. Buja D., Cook D., Swayne F. Interactive high-dimensional data visualization // Journal of Computational and Graphical Statistics. – 1996. – Vol. 5(1). – Pp. 78–99.
7. OWL Web Ontology Language. W3C Working Draft. 29 July 2002 [Electronic Source]. – URL: <http://www.w3.org> (date of access: 11.10.23).
8. 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.
9. Горохов В.Л. Байесовский подход: последние достижения и будущее систем интеллектуальной поддержки принятия решений // Труды Международной конференции по мягким вычислениям (SCM–2007), 25–27 июня 2007 г., г. Санкт-Петербург, Россия. – СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2007.
10. Гомес-Перес А., Фернандес-Лопес М., Корчо О. Онтологическая инженерия: на примерах из областей управления знаниями, электронной коммерции и семантической сети. – Springer, 2004.
11. Mizoguchi R. Учебник по онтологической инженерии: часть 3: углубленный курс онтологической инженерии // В сб. Вычислительная техника нового поколения. – Токуо, Japan: Ohmsha. – Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2004. – Vol. 22(2). – Pp. 198–220.
12. Паслару Е., Симперл Б., Темпич К. Инженерия онтологий: проверка реальности. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.